





(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Erklärung gemäß Regel 4.17:**

— Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) nur für US

**Veröffentlicht:**

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Beschreibung:

Refraktives Projektionsobjektiv mit einer Taille

Die Erfindung betrifft eine Projektionsbelichtungsanlage mit einem refraktiven Projektionsobjektiv, ein refraktives Projektionsobjektiv selbst sowie ein Verfahren zur Herstellung mikrostrukturierter Bauteile bei dem eine Projektionsbelichtungsanlage mit einem refraktiven Projektionsobjektiv verwendet wird. Bei diesem refraktiven Projektionsobjektiv bestehen alle Linsen aus einem Material, wobei das Projektionsobjektiv eine bildseitige numerische Apertur von größer 0,7 aufweist.

Aus der DE 198 18 444 A1 sind refraktive Projektionsobjektive, die für eine Belichtungswellenlänge von 248,4 nm ausgelegt sind, bekannt, wobei die Linsen der Projektionsobjektive aus einem Material bestehen, das bei der Belichtungswellenlänge eine Brechzahl von 1,50839, wie Quarzglas, aufweist.

Weiterhin ist es aus dieser Schrift bereits bekannt, dass auftretende Bildfehler durch den gezielten Einsatz von Asphären korrigiert werden können. So ist es aus dieser Schrift entnehmbar, dass insbesondere durch vorsehen einer Asphäre in der ersten Linsengruppe, bei der es sich um eine Linsengruppe positiver Brechkraft handelt, auftretende Verzeichnung korrigiert werden kann. Weiterhin ist es aus dieser Schrift bekannt, dass durch vorsehen einer Asphäre in der zweiten Linsengruppe, die negative Brechkraft aufweist und durch die eine erste Taille gebildet wird, auftretende Eintrittspupillenaberrationen korrigiert werden können. Weiterhin ist es bekannt, dass durch vorsehen einer asphärischen Linsenoberfläche in der dritten Linsengruppe auftretendes Koma minimiert werden kann, wobei die dritte Linsengruppe positive Brechkraft aufweist und zwischen den zwei Tailen, zweite und vierte Linsengruppe angeordnet ist. Ebenfalls kann durch vorsehen einer Asphäre in der sechsten Linsengruppe, die positive Brechkraft aufweist und direkt vor dem Wafer angeordnet ist, ebenfalls das Auftreten von Koma minimiert werden. Durch vorsehen einer Asphäre in der fünften Linsengruppe, die positive Brechkraft aufweist, können insbesondere mit hoher numerische Apertur zusammenhängende Aberrationen, insbesondere sphärische Aberration, korrigiert werden. Eine derartige Korrektur ist auch durch vorsehen einer Asphäre in der vierten Linsengruppe möglich, sofern die Asphäre nahe an der Bildebene angeordnet ist.

Aus der US 5,668,672 ist es bekannt, dass chromatische Aberrationen durch den Einsatz von Quarzglas kombiniert mit einem Fluoridmaterial als Linsenmaterial korrigiert werden können. Weiterhin ist aus der DE 199 39 038 A1 ein refraktives Projektionsobjektiv bekannt, bei dem chromatische Aberrationen durch die Kombination von zwei oder mehr Sorten von Fluoridkristallen korrigiert wird. Weiterhin weist das in Figur 11 gezeigte Projektionsobjektiv, das für die Wellenlänge 157nm ausgelegt ist, mehrere Asphären auf. Für diese Wellenlänge sind insbesondere als Linsenmaterialien Kalziumfluorid und Lithiumfluorid vorgesehen.

Weiterhin ist es aus der US 09/694878 bekannt, insbesondere für die Farbfehlerkorrektur bei einem für die Wellenlänge 193 nm ausgelegten Objektiv einzelne Linsen aus Calciumfluorid für die Korrektur von Abbildungsfehler vorzusehen, wobei die Mehrzahl der Linsen aus Quarzglas besteht. Die numerische Apertur des in Figur 1 gezeigten Projektionsobjektives beträgt 0,7. Dieses refraktive Projektionsobjektiv umfasst eine negative Linsengruppe, durch die eine ausgeprägte Taille bereitgestellt wird, die mit G2 bezeichnet ist.

Aus der US 09/44063, EP 1006387, ist ein Projektionsobjektiv bekannt, das eine Linsenanordnung, die ebenfalls für die Wellenlänge von 193nm ausgelegt ist. Diese Linsenanordnung weist eine numerische Apertur von 0,7 auf. Bei dieser Linsenanordnung ist wiederum eine Materialmischung von Quarzglas und Calciumfluorid vorgesehen. Weiterhin weisen die aus dieser Schrift bekannten Projektionsobjektive mindestens zwei Linsengruppen mit negativer Brechkraft auf, durch die jeweils deutlich eine Taille ausgebildet wird.

Aus der EP 1 139 138 A1 sind refraktive Linsenanordnungen bekannt, wobei die eingesetzten Linsen aus den Materialien Calciumfluorid und Quarzglas bestehen. Es ist ein Ausführungsbeispiel gezeigt, bei dem alle Linsen aus Calciumfluorid bestehen, wobei dieses Objektiv für eine Belichtungswellenlänge von 157nm ausgelegt ist. Die weiteren gezeigt Linsenanordnungen sind für die Belichtungswellenlänge von 193nm ausgelegt. Alle gezeigten Linsenanordnungen weisen eine Mehrzahl von Asphären auf.

Der Einsatz beispielsweise von Calciumfluorid bei einer für die Belichtungswellenlänge von 193nm ausgelegten Linsenanordnung ist mit dem Nachteil verbunden, dass dieses Material zum einen schwerer verfügbar ist wie Quarzglas und zum anderen auch wesentlich teurer ist.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, refraktive Linsenanordnungen bzw. eine Projektionsbelichtungsanlage für Mikrolithographie mit einem refraktiven Projektionsobjektiv mit einer hohen numerischen Apertur und guten optische Eigenschaften bereitzustellen.

Weiterhin lag der Erfindung die Aufgabe zugrunde, refraktive Linsenanordnungen für die Mikrolithographie zu schaffen, die sich bei hoher numerischer Apertur durch geringe Farblängsfehler auszeichnen.

Weiterhin lag der Erfindung die Aufgabe zugrunde refraktive Linsenanordnungen bereitzustellen, dessen Herstellkosten reduziert sind.

Die der Erfindung zu Grunde liegenden Aufgaben wurde durch die im Patentanspruch 1 gegebenen Merkmale gelöst. Durch die Maßnahme, dass alle Linsen aus einem Material bestehen, konnten die Herstellkosten reduziert werden, da schon allein dadurch, dass unterschiedlichste Materialien beschafft werden müssen, höhere Kosten verursacht werden, vermieden wurde.

Weiterhin ist es Aufgabe der Erfindung, ein rein refraktives Objektiv aus nur einem Linsenmaterial anzugeben, dass als Mikrolithographie-Projektionsobjektiv mit großer bildseitiger numerischer Apertur und großem Bildfeld bezüglich auftretender Farbfehler eine gute Korrektur aufweist. Da die Farbfehler mit zunehmender Bandbreite des Beleuchtungslichtes zunehmen, wurde es erst durch den Einsatz eines in bezug auf die Farbfehler, insbesondere Farblängsfehler, besonders gut korrigierten Objektives möglich, die Anforderungen an eine Einengung der Bandbreite des Beleuchtungslichtes zu reduzieren, ohne das eine Verschlechterung der Bildqualität akzeptiert werden musste.

Das Objektiv soll besonders für die Wellenlängen 157 Nanometer und 193 Nanometer geeignet sein. Überraschend wurde gefunden, dass auch unter den komplexen Randbedingungen eines hochwertigen Mikrolithographie-Projektionsobjektives Maßnahmen hinsichtlich der Anordnung und Ausbildung der Linsen möglich sind, die für ein Linsenmaterial mit gegebener Dispersion eine deutliche Senkung der chromatischen Längsaberration ergeben, so hat es sich als vorteilhaft herausgestellt, positive Brechkraft zum Bild hin zu verschieben, um den Farblängsfehler klein zu

halten. Negative Linsen mit kleinem Bündelquerschnitt müssen objektseitig fern der Systemblende angeordnet sein.

Die für eine derartige Linsenanordnung notwendige hochwertige Petzval-Korrektur erfordert die Ausbildung von Taillen mit negativer Brechkraft. Durch die Maßnahme negative Linsen mit kleinem Bündelquerschnitt objektseitig, fern der Systemblende anzuordnen, kann der Farblängsfehler klein gehalten werden. Es hat sich weiterhin als vorteilhaft herausgestellt, positive Brechkraft zum Bild hin zu verschieben.

Die Anordnung von aus einer Positivlinse und einer Negativlinse bestehenden Dubletts nach der ersten Taille mit großem Linsendurchmesser von mindestens 85 % des maximalen Linsendurchmessers bzw. Lichtbündeldurchmessers, geben eine optimale Korrekturmöglichkeit bezüglich aller aperturbedingter außeraxialer Bildfehler ohne eine Erzeugung von Farblängsfehlern.

Gerade der Bereich vor der Systemblende und der Blendenbereich selbst ist prädestiniert für das Entstehen von Farblängsfehlern. Aufgrund dieser Problematik hat sich als vorteilhaft herausgestellt, in dem Bereich vor und um die Systemblende herum Dubletts anzuordnen, bei denen jeweils eine Positivlinse vorgesehen ist, der ein nahestehender Partner umgekehrter Brechkraft bei ähnlichem Lichtbündeldurchmesser zugeordnet ist. Es hat sich insbesondere als vorteilhaft herausgestellt Dubletts vorzusehen, die eine Gesamtbrechkraft aufweisen, die kleiner ist als 20% der Brechkraft zwischen Blende und Wafer beträgt. Die äußere Form der Dubletts gleicht einem dicken durchgebogenen Meniskus, der eine relativ geringe Brechkraft ausweist.

Es hat sich als vorteilhaft herausgestellt einen Rest einer zweiten Taille durch zwei aufeinanderfolgende negativ Linsen, die zwischen zwei positiv Linsen angeordnet sind vorzusehen. Aufgrund des großen Linsendurchmessers dieser Negativlinsen wird der Lichtbündeldurchmesser in dieser zweiten Taille nur geringfügig, insbesondere weniger als 10%, ausgehend von dem maximalen Linsendurchmesser vor dieser Taille eingeschnürt, was sich vorteilhaft auf den Farblängsfehler auswirkt. Der Farblängsfehler wird auch mit chromatischer Längsaberration bezeichnet.

Durch den Einsatz von Asphären in einer Eröffnungslinsengruppe, die aus Negativlinsen besteht, wird eine Entspannung der Möglichkeiten der Petzvalkorrektur, insbesondere der Bildschalenkorrektur, erreicht. Weitere vorteilhafte Maßnahmen sind in weiteren Ansprüchen beschrieben.

Anhand der folgenden Ausführungsbeispiele wird die Erfindung näher beschrieben. Diese Beispiele sind nicht einschränkend zu verstehen. Es zeigt:

Figur 1: Projektionsbelichtungsanlage für die Mikrolithographie;

Figur 2: Refraktives Projektionsobjektiv für die Mikrolithographie für die Belichtungswellenlänge 193nm, dass bei einer Baulänge von 1340,7 mm eine numerische Apertur von 0,8 aufweist;

Figur 3: Projektionsobjektiv für die Wellenlänge 193nm, dass bei einer Baulänge von 1344 mm eine numerische Apertur von 0,85 aufweist;

Figur 4: Projektionsobjektiv für die Belichtungswellenlänge 157nm, dass bei einer Baulänge von 1390 mm eine numerische Apertur von 0,85 aufweist;

Figur 5: Projektionsobjektiv für die Wellenlänge 157 nm mit einer Baulänge von 1300 mm;

Figur 6: Projektionsobjektiv für die Wellenlänge 193 nm mit einer Baulänge von 1200 mm

Anhand von Figur 1 wird zunächst der prinzipielle Aufbau einer Projektionsbelichtungsanlage 1, die ein refraktives Projektionsobjektiv 5 umfasst, beschrieben. Die Projektionsbelichtungsanlage 1 weist eine Belichtungseinrichtung 3 auf, die mit einer Einrichtung zur Einengung der Bandbreite versehen ist. Das Projektionsobjektiv 5 umfasst eine Linsenanordnung 21 mit einer Systemblende 19, wobei durch die Linsenanordnung 21 eine optische Achse 7 definiert wird. Zwischen Belichtungseinrichtung 3 und Projektionsobjektiv 5 ist eine Maske 9 angeordnet, die mittels eines Maskenhalters 11 im Strahlengang gehalten wird. Solche in der Mikrolithographie verwendeten Masken 9 weisen eine Mikrometer- bis Nanometerstruktur auf, die mittels des Projektionsobjektives 5 bis zu einem Faktor von 10, insbesondere um den Faktor 4, verkleinert auf eine Bildebene 13 abgebildet werden. In der Bildebene 13 wird ein durch einen Substrathalter 17 positioniertes Substrat bzw. ein Wafer 15 gehalten. Die noch auflösbaren minimalen Strukturen hängen von der Wellenlänge des für die Belichtung verwendeten Lichtes sowie von

der numerischen Apertur des Projektionsobjektives 5 sowie von dem K. Faktor der Belichtungseinrichtung 3 ab. Eine maximal erreichbare Auflösung der Projektionsbelichtungsanlage 1 nimmt mit abnehmender Wellenlänge des durch die Belichtungseinrichtung 3 bereitgestellten Lichtbüschels 23, durch den das Muster der Maske 9 mittels des Projektionsobjektives 5 auf den Wafer 15 abgebildet wird, zu.

Anhand der Figuren 2-6 wird der Aufbau verschiedener Linsenanordnungen 21 der Projektionsobjektiven 5, die für die Wellenlängen 193nm und 157,6 nm ausgelegt sind, beschrieben.

Die in Figur 2 dargestellte refraktive Linsenanordnung 21 ist für die Belichtungswellenlänge von 193 Nanometer ausgelegt und weist eine bildseitige numerische Apertur von 0,8 auf. Diese Linsenanordnung 21 umfasst 31 Linsen, von denen 9 mindestens eine asphärische Linsenoberfläche aufweisen. Solche Linsen werden auch mit Asphäre bezeichnet. Die Baulänge von Objektebene 0 zu Bildebene 0' beträgt 1340,7 mm.

Diese Linsenanordnung 21 ist in drei Linsengruppen LG1 bis LG3 unterteilbar. Die erste Linsengruppe LG1 weist positive Brechkraft auf und umfasst die Linsen mit den Flächen 2-15. Diese Linsengruppe ist wiederum unterteilbar in eine Eröffnungsgruppe EG1, die negative Brechkraft aufweist und die ersten drei Linsen umfasst. Die ersten beiden objektseitig angeordneten Linsen sind auf der dem Objekt zugewandten Seite mit einer Asphäre versehen, die auf einer konvexen Linsenoberfläche angeordnet ist. Diese ersten beiden Linsen weisen eine Durchbiegung zum Objekt hin auf.

Durch die auf die Eingangsgruppe EG1 folgenden Linsen wird ein Bauch gebildet. Diese dicken Positivlinsen haben einen positiven Effekt in Bezug auf die Petzvalsumme. Die letzte Linse der Linsengruppe LG1 ist auf der waferseitig angeordneten Linsenoberfläche asphärisiert. Diese dicken Positivlinsen liefern zusätzlich einen günstigen Beitrag in Bezug auf die Komakorrektur.

Die zweite Linsengruppe LG2 umfasst die Linsen mit den Linsenoberflächen 16-21. Die erste und die letzte Linsenoberfläche dieser Linsengruppe ist jeweils asphärisiert. Diese Linsengruppe weist negative Brechkraft auf und es wird durch diese Linsengruppe eine deutlich ausgeprägt



Taille gebildet. Damit liefert diese Linsengruppe einen besonders wertvollen Beitrag zur Korrektur der sagitalen sphärischen Bildfehler höherer Ordnung. Gleichzeitig liefert die negative Gruppe den Hauptbeitrag zur Petzvalkorrektur, insbesondere zur Bildschalenebnung.

Auf die zweite Linsengruppe folgt die dritte Linsengruppe LG3, die durch die Linsen mit den Linsenoberflächen 22-64 gebildet wird. Diese Linsengruppe LG3 fällt durch ihre langgestreckte röhrenförmige Erscheinung auf. Durch einen langgestreckten Bereich vor der Systemblende 19, der einen Lichtbüscheldurchmesser bzw. einen Linsendurchmesser aufweist, der mindestens 85 % des maximalen Linsendurchmessers bzw. maximalen Linsenbüscheldurchmessers beträgt, geprägt. Durch die Ausbildung eines derartigen Bereichs konnten unter Verwendung eines einzigen Linsenmaterials gute optische Eigenschaften, insbesondere im Bezug auf eine chromatische Längsaberration, erreicht werden. Gerade dieser Bereich vor der Systemblende 19 und der Bereich der Systemblende 19 selbst, ist für die Entstehung chromatischer Längsaberration besonders empfindlich. In diesem Ausführungsbeispiel sind vier Dubletts bestehend aus jeweils einer Positivlinse und einer Negativlinse vor der Systemblende 19 angeordnet. Ein weiteres Dublett bestehend aus einer Positivlinse gefolgt von einer Negativlinse ist nach der Systemblende 19 angeordnet. Durch eine auf diese Dubletts folgende dicke Positivlinse wird ein Grossteil der Brechkraft des Projektionsobjektives bereitgestellt. Ein Endbereich der dritten Linsengruppe LG3, der mit UG3d bezeichnet ist und die Linsen mit den Flächen 31-54 umfasst, wirkt sich vorteilhaft auf die negative Verzeichnung aus. Die Ausbildung dieses Endbereiches UG3d trägt auch zur Bereitstellung einer sehr hohen numerischen Apertur von 0,8 wesentlich bei und zwar durch kleine Einzelbeiträge zur sphärischen Aberration und Komazahl.

Eine schwach ausgebildete Taille durch zwei aufeinanderfolgende negativ Linsen, die vor der Systemblende angeordnet sind, sind mit UG3b bezeichnet. Durch die Linsen mit den Linsenoberflächen 22-29, mit UG3A bezeichnet, wird eine positive Untergruppe gebildet, die „entartet“ einen Bauch darstellt.

Durch das in Figur 2 beschriebene Projektionsobjektiv ist eine Fläche 10,5x26 mm belichtbar, wobei die Struktur des Objektives um den Faktor 4 verkleinert auf den Wafer abgebildet werden.

TABELLE 1

M1471a

FL.	RADIEN	DICKEN	GLAESER	BRECHZAHL 193.304mm	1/2 FREIER DURCHMESSER
0	0.000000000	24.114319875	N2	1.00000320	56.080
1	0.000000000	3.482434220	N2	1.00000320	61.002
2	2078.963770280AS	11.540852046	SIO2HL	1.56028895	62.455
3	149.559792284	8.045820053	N2	1.00000320	63.745
4	283.335388909AS	10.384447026	SIO2HL	1.56028895	65.015
5	227.471174739	35.446688452	N2	1.00000320	66.284
6	-122.782367295	38.508940817	SIO2HL	1.56028895	68.210
7	-255.078934826	0.874570041	N2	1.00000320	89.183
8	-888.725542480	30.171005105	SIO2HL	1.56028895	95.735
9	-191.846579966	0.675200957	N2	1.00000320	98.735
10	640.397878968	41.049504805	SIO2HL	1.56028895	108.485
11	-250.387321692	0.675200957	N2	1.00000320	109.147
12	667.678997977	44.017612594	SIO2HL	1.56028895	105.073
13	-1125.455416998	0.675200957	N2	1.00000320	100.899
14	192.876693777	62.505832714	SIO2HL	1.56028895	93.072
15	331.893780633AS	32.604997110	N2	1.00000320	76.483
16	-171.193877443AS	17.084502546	SIO2HL	1.56028895	70.652
17	335.138365959	24.373437146	N2	1.00000320	66.301
18	-192.572424355	9.645727950	SIO2HL	1.56028895	65.926
19	418.847934941	26.888457292	N2	1.00000320	68.374
20	-140.483410076	10.610300745	SIO2HL	1.56028895	69.129
21	-459.758634782AS	16.193911170	N2	1.00000320	77.669
22	-188.260511338	24.787222412	SIO2HL	1.56028895	79.453
23	-123.558724879	1.174436845	N2	1.00000320	84.227
24	-224.101808279	35.439166118	SIO2HL	1.56028895	89.392
25	-158.235875230	1.137750024	N2	1.00000320	97.007
26	-244.923106839	26.771118597	SIO2HL	1.56028895	99.234
27	-435.595962845	19.019537360	N2	1.00000320	108.190
28	254.503542501	103.741855324	SIO2HL	1.56028895	125.704
29	-370.013146990	0.898100644	N2	1.00000320	123.190
30	-651.149669203AS	11.574873540	SIO2HL	1.56028895	119.614
31	346.341133415	40.118210584	N2	1.00000320	114.229
32	-378.937108427	11.574873540	SIO2HL	1.56028895	114.195
33	532.696677413	4.927372582	N2	1.00000320	118.682
34	439.556363278	74.374706500	SIO2HL	1.56028895	121.399
35	-502.601956332	0.675200957	N2	1.00000320	124.801
36	522.145069309AS	14.799644077	SIO2HL	1.56028895	124.414
37	1476.224552423	4.677319062	N2	1.00000320	124.271
38	2177.900420777	11.574873540	SIO2HL	1.56028895	124.349
39	384.316107261	1.595817333	N2	1.00000320	124.241
40	312.429605405	51.750696421	SIO2HL	1.56028895	125.681
41	-432.173779349	17.813396316	N2	1.00000320	125.439
42	-249.375527898	11.574873540	SIO2HL	1.56028895	124.719
43	-1589.233069199	14.468591925	N2	1.00000320	127.374
44	0.000000000	-4.822863975	N2	1.00000320	125.296
45	321.301154865	57.691242734	SIO2HL	1.56028895	131.351
46	-1054.206205699AS	14.951798157	N2	1.00000320	130.208
47	-589.044474927AS	11.574873540	SIO2HL	1.56028895	128.575
48	274.036317071	8.139476302	N2	1.00000320	128.119
49	321.225611416	124.977354157	SIO2HL	1.56028895	129.264
50	-395.919230783	1.969428424	N2	1.00000320	131.721
51	820.198727366	26.845651259	SIO2HL	1.56028895	126.931

52	-973.939543882	0.694000123	N2	1.00000320	125.647
53	139.833041863	36.229940671	SIO2HL	1.56028895	107.077
54	242.551698933	0.867355440	N2	1.00000320	102.010
55	131.386059685	29.928967379	SIO2HL	1.56028895	91.857
56	235.274124558	0.675200957	N2	1.00000320	85.440
57	157.034314790	26.536117143	SIO2HL	1.56028895	79.168
58	231.201718823	9.219970606	N2	1.00000320	66.512
59	470.035875032	11.197726405	SIO2HL	1.56028895	61.464
60	236.045204498	0.675200957	N2	1.00000320	52.281
61	134.300351512	8.120819966	SIO2HL	1.56028895	48.003
62	63.666959363	10.716266548	N2	1.00000320	38.339
63	108.784923745	21.847901284	SIO2HL	1.56028895	35.245
64	693.402002382	8.681155155	N2	1.00000320	24.992
65	0.000000000	0.000000000	N2	1.00000320	14.020
66	0.000000000	0.000000000		1.00000000	14.020

## ASPHAERISCHE KONSTANTEN

## FLAECHE NR. 2

C0 0.0000  
 C1 2.14106637e-007  
 C2 -1.51669986e-011  
 C3 2.64769647e-015  
 C4 -3.99036396e-019  
 C5 2.47505843e-023  
 C6 -3.15802350e-028  
 C7 3.03036722e-032  
 C8 0.00000000e+000  
 C9 0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 4

C0 0.0000  
 C1 8.34485767e-008  
 C2 6.40722335e-012  
 C3 -1.82542397e-015  
 C4 2.34304470e-019  
 C5 -8.26711198e-024  
 C6 -7.65863767e-028  
 C7 6.41110903e-032  
 C8 0.00000000e+000  
 C9 0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 15

C0 0.0000  
 C1 -2.63006449e-008  
 C2 -2.79471341e-012  
 C3 -2.67096228e-016  
 C4 -1.35138372e-020  
 C5 -4.40665654e-024  
 C6 5.04322571e-028  
 C7 -7.87867135e-032  
 C8 0.00000000e+000  
 C9 0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 16

C0 0.0000  
C1 3.25803022e-009  
C2 -6.94860276e-013  
C3 -1.78049294e-016  
C4 -6.94438259e-021  
C5 6.12556670e-024  
C6 -1.48556644e-027  
C7 1.00088938e-031  
C8 0.00000000e+000  
C9 0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 21

C0 0.0000  
C1 4.82674733e-008  
C2 1.36227355e-012  
C3 -9.54833030e-017  
C4 9.50143078e-022  
C5 5.69193655e-025  
C6 -3.40684947e-029  
C7 2.94651178e-033  
C8 0.00000000e+000  
C9 0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 30

C0 0.0000  
C1 -1.45094804e-009  
C2 5.04456796e-013  
C3 -5.09450648e-018  
C4 -1.99406773e-022  
C5 -1.14064975e-026  
C6 5.78307927e-031  
C7 -1.43630501e-035  
C8 0.00000000e+000  
C9 0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 36

C0 0.0000  
C1 -1.43259985e-008  
C2 -3.56045780e-013  
C3 -7.68193084e-018  
C4 -1.87091119e-022  
C5 -1.28218449e-026  
C6 3.62372568e-031  
C7 -2.39455297e-035  
C8 0.00000000e+000  
C9 0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 46

C0 0.0000  
C1 -7.44300951e-010  
C2 -1.00597848e-013  
C3 -1.16300854e-017  
C4 3.24986044e-023

C5 5.82666461e-027  
 C6 -4.12661445e-031  
 C7 6.25538499e-036  
 C8 0.00000000e+000  
 C9 0.00000000e+000

## FLASCHE NR. 47

C0 0.0000  
 C1 -7.10390913e-009  
 C2 1.80939707e-014  
 C3 -1.34383300e-017  
 C4 -1.50233953e-023  
 C5 7.80860338e-027  
 C6 -4.98388772e-031  
 C7 9.26846573e-036  
 C8 0.00000000e+000  
 C9 0.00000000e+000

Anhand von Figur 3 wird eine rein refraktive Linsenanordnung 21, die für die Belichtungswellenlänge von 157,6 nm ausgelegt ist, näher beschrieben. Die Baulänge dieses Linsenanordnung 21 beträgt 1344,0 mm gemessen von Objektebene 0 zu Bildebene 0'. Es ist ein Feld von  $10,5 \times 26 \text{ mm}^2$  belichtbar. Auch diese Linsenanordnung 21 weist wiederum in eine Eingangsgruppe EG1 auf, die durch die ersten objektseitig angeordneten, eine negative Brechkraft aufweisenden Linsen gebildet wird. Mit den darauffolgenden Linsen mit den Flächen 8-15 wird die Linsengruppe LG1 gebildet. Wiederum ist die letzte Linsenfläche 15 dieser Linsengruppe waferseitig asphärisiert.

Durch die darauffolgenden Linsen mit den Flächen 16-21 wird eine dritte Linsengruppe LG2 gebildet. Diese dritte Linsengruppe LG2 weist insgesamt negative Brechkraft auf und es wird durch diese Linsengruppe eine deutlich ausgeprägte Taille 29 gebildet. An diese Linsengruppe schließt sich eine vierte Linsengruppe LG3 an, die eine langgestreckte röhrenförmige Gestalt aufweist. In dieser vierten Linsengruppe ist eine Systemblende 19 angeordnet. Diese Linsengruppe LG3 weist auf der der dritten Linsengruppe LG2 zugewandten Seite eine Untergruppe UG3a auf, die geringe positive Brechkraft aufweist. Darauf folgt eine schwach ausgebildete Taille UG3b, die durch zwei negative Linsen gebildet wird, die einen großen Durchmesser, mindestens 85 % des maximalen Durchmesser, aufweisen. Durch diese beiden aufeinanderfolgenden negativ Linsen wird eine schwache Taille UG3b gebildet. Diese Negativlinsen sind Teil der Dubletts D1 und D2. Weiterhin sind noch zwei weitere Dubletts, mit D3 und D4 bezeichnet, vor der Systemblende 19 angeordnet. Mit D5 ist ein weiteres Dublett

bezeichnet, dass eine Doppelsphäre durch die Asphären auf den Linsenoberflächen 46 und 47 aufweist. Der Endbereich mit UG3d bezeichnet, umfasst eine Mehrzahl von dünnen Linsen, durch die das aufgeweitete Lichtbündel 23 auf den Wafer bzw. auf die Bildebene fokussiert wird.

Die in Figur 3 gezeigte Linsenordnung 21 ist ebenfalls für die Wellenlänge 193 nm ausgelegt und weist eine Baulänge von 1344 mm auf. Das mit dieser Linsenordnung 21 belichtbare Feld beträgt  $10,5 \times 26 \text{ mm}^2$ . Die numerische Apertur beträgt 0,85. Mit diesem Objektiv wird das Objekt 9 um den Faktor 4 verkleinert auf die Bildebene 13 abgebildet. Die genauen Linsendaten sind der Tabelle 2 zu entnehmen.

TABELLE 2

M1634a

F.L.	RADIEN	DICKEN	GLAESER	BRECHZAHL 1/2 FRIER	
				193,304mm	DURCHMESSER
0	0.000000000	24.172413800	N2	1.00000320	56.080
1	0.000000000	15.006569837	N2	1.00000320	61.282
2	599.473674706AS	17.471359581	SIO2HL	1.56028895	65.688
3	142.945533106	15.594383723	N2	1.00000320	67.351
4	520.792476125AS	15.866311924	SIO2HL	1.56028895	70.201
5	458.213670894	35.531230748	N2	1.00000320	72.731
6	-130.942246277	29.261434955	SIO2HL	1.56028895	75.090
7	-522.434408367	1.046065674	N2	1.00000320	96.747
8	-6686.031621900	34.314309045	SIO2HL	1.56028895	103.359
9	-218.186494807	0.676827586	N2	1.00000320	106.388
10	706.363261168	45.122462397	SIO2HL	1.56028895	119.094
11	-278.472163674	0.676827586	N2	1.00000320	120.155
12	959.514633579	36.082624687	SIO2HL	1.56028895	118.383
13	-896.787607317	4.587825747	N2	1.00000320	116.762
14	158.750812726	85.801121037	SIO2HL	1.56028895	106.229
15	300.475102689AS	43.038670535	N2	1.00000320	83.117
16	-175.884377464A	6.768275864	SIO2HL	1.56028895	72.476
17	320.319576676	27.446116916	N2	1.00000320	68.293
18	-146.443321423	9.668965520	SIO2HL	1.56028895	67.974
19	339.454879151	28.665475857	N2	1.00000320	72.279
20	-161.977156970	10.635862072	SIO2HL	1.56028895	73.414
21	-238.647909042AS	15.370621050	N2	1.00000320	79.551
22	-150.311235300	27.766876031	SIO2HL	1.56028895	81.604
23	-155.362800581	0.676827586	N2	1.00000320	92.928
24	-428.765583246	34.936111184	SIO2HL	1.56028895	101.383
25	-220.472579824	0.676827586	N2	1.00000320	108.198
26	-438.752339375	25.651183289	SIO2HL	1.56028895	111.993
27	-486.537649387	16.665277911	N2	1.00000320	118.679
28	286.503340486	84.567562777	SIO2HL	1.56028895	136.363
29	-370.847311034	7.492580442	N2	1.00000320	135.394
30	-366.945132944AS	11.602758624	SIO2HL	1.56028895	132.013
31	577.586771717	32.431277232	N2	1.00000320	128.108
32	-559.674262738	11.602758624	SIO2HL	1.56028895	128.110
33	537.388094819	2.743298664	N2	1.00000320	131.720

34	408.077824696	42.484571757	SIO2HL	1.56028895	134.394
35	-717.357209302	0.676827586	N2	1.00000320	134.718
36	583.086197224AS	6.768275864	SIO2HL	1.56028895	133.965
37	269.271701042	7.352686536	N2	1.00000320	133.550
38	281.248185100	35.203322187	SIO2HL	1.56028895	136.018
39	472.606393970	3.186212988	N2	1.00000320	135.918
40	363.576248488	54.546183651	SIO2HL	1.56028895	137.633
41	-468.746315410	23.108875520	N2	1.00000320	137.324
42	-251.383937308	11.602758624	SIO2HL	1.56028895	136.437
43	-1073.133309030	33.841379320	N2	1.00000320	140.158
44	0.000000000	-24.172413800	N2	1.00000320	142.969
45	300.919916537	63.201252893	SIO2HL	1.56028895	150.411
46	-982.360166014AS11	2.20067842	N2	1.00000320	149.618
47	-644.040642268AS11	6.02758624	SIO2HL	1.56028895	148.330
48	251.499390884	13.548863209	N2	1.00000320	144.384
49	295.116548681	83.834389825	SIO2HL	1.56028895	147.231
50	-592.936469041	0.676827586	N2	1.00000320	147.243
51	463.737108447	36.976613477	SIO2HL	1.56028895	141.167
52	-1426.895647680	0.695672042	N2	1.00000320	139.475
53	140.559527472	39.416922789	SIO2HL	1.56028895	113.157
54	220.743893827	0.878083956	N2	1.00000320	106.607
55	135.149194981	30.341942424	SIO2HL	1.56028895	96.272
56	227.528619088	0.689419669	N2	1.00000320	89.300
57	157.276474717	26.304510971	SIO2HL	1.56028895	82.536
58	236.864111032	8.994847659	N2	1.00000320	70.218
59	366.476934349	10.551547532	SIO2HL	1.56028895	63.779
60	98.334230915	0.676870172	N2	1.00000320	49.220
61	98.324175829	8.007759247	SIO2HL	1.56028895	48.802
62	76.949074769	8.603791096	N2	1.00000320	42.525
63	99.077661785	24.844220969	SIO2HL	1.56028895	39.131
64	511.945903814	8.702068968	N2	1.00000320	26.963
65	0.000000000	0.000000000	N2	1.00000320	14.020
66	0.000000000	0.000000000		1.00000000	14.020

## ASPHAERISCHE KONSTANTEN

## FLAECHE NR. 2

C0 0.0000  
 C1 1.28169760e-007  
 C2 -7.84396436e-012  
 C3 4.40001122e-016  
 C4 -7.79882973e-021  
 C5 -1.30623440e-023  
 C6 2.14846923e-027  
 C7 -1.41595024e-031  
 C8 0.00000000e+000  
 C9 0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 4

C0 0.0000  
 C1 8.23267830e-008  
 C2 2.76986901e-012  
 C3 -1.95568740e-016  
 C4 -7.24098423e-021  
 C5 1.06376091e-023  
 C6 -1.43486056e-027

C7 1.06511374e-031  
C8 0.00000000e+000  
C9 0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 15

C0 0.0000  
C1 -7.43129292e-009  
C2 -2.93262230e-012  
C3 -2.03722650e-016  
C4 -1.22563860e-020  
C5 5.96520089e-025  
C6 -1.46602552e-028  
C7 1.53867443e-032  
C8 0.00000000e+000  
C9 0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 16

C0 0.0000  
C1 -3.79251645e-008  
C2 3.22483445e-012  
C3 1.95986817e-016  
C4 2.59408631e-020  
C5 -1.79899203e-024  
C6 -1.09069425e-029  
C7 3.19439367e-033  
C8 0.00000000e+000  
C9 0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 21

C0 0.0000  
C1 -1.34732963e-008  
C2 2.75857068e-012  
C3 1.90481938e-016  
C4 2.08472207e-020  
C5 -6.19866674e-025  
C6 2.52896158e-028  
C7 -1.80211827e-032  
C8 0.00000000e+000  
C9 0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 30

C0 0.0000  
C1 -2.23816289e-009  
C2 6.79079206e-013  
C3 -2.77226923e-018  
C4 -1.25547219e-022  
C5 -1.58964362e-026  
C6 6.91621100e-031  
C7 -9.74826154e-036  
C8 0.00000000e+000  
C9 0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 36



C0 0.0000  
 C1 -1.48722851e-008  
 C2 -3.21783489e-013  
 C3 -1.94353769e-018  
 C4 -1.66369859e-022  
 C5 8.53060454e-028  
 C6 -4.40031159e-032  
 C7 -1.13839635e-036  
 C8 0.00000000e+000  
 C9 0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 46

C0 0.0000  
 C1 -1.29322449e-009  
 C2 -7.13114740e-014  
 C3 -9.86341305e-018  
 C4 7.04573131e-023  
 C5 6.79406884e-027  
 C6 -5.13273315e-031  
 C7 8.48667932e-036  
 C8 0.00000000e+000  
 C9 0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 47

C0 0.0000  
 C1 -6.45902286e-009  
 C2 -2.38977080e-014  
 C3 -1.08609626e-017  
 C4 2.89713800e-023  
 C5 1.03658811e-026  
 C6 -6.18950334e-031  
 C7 1.10366044e-035  
 C8 0.00000000e+000  
 C9 0.00000000e+000

Die in Figur 4 dargestellte Linsenordnung ist für die Belichtungswellenlänge 157 nm ausgelegt. Die Baulänge beträgt 1390,0 mm gemessen von Objektebene 0 zu Bildebene 0'. Mit dieser Linsenordnung ist ein Feld von 10,5 mmx26mm belichtbar. Der makroskopische Aufbau dieser Linsenordnung unterscheidet sich nur unwesentlich von dem in Figur 3 dargestellten Linsenordnung, so dass hier auf eine detaillierte Beschreibung verzichtet wird. Die genauen Linsendaten sind der Tabelle 3 zu entnehmen.

TABELLE 3

M1640a

FL.	RADIEN	DICKEN	GLAESER	BRECHZAHL	1/2 FREIER
				157.629nm	DURCHMESSER
0	0.000000000	25.000000000	N2V157	1.00031429	59.000
1	0.000000000	15.339378260	N2V157	1.00031429	64.435
2	598.342471978AS	18.724519350	CAF2V157	1.55929035	69.077
3	48.181482862	16.454829635	N2V157	1.00031429	70.793
4	564.226137144AS	16.592649095	CAF2V157	1.55929035	73.697
5	465.197188245	36.842463522	N2V157	1.00031429	76.403
6	-136.836954878	30.276088945	CAF2V157	1.55929035	78.647
7	-551.745951642	1.159089824	N2V157	1.00031429	101.430
8	-9088.971563130	35.614698676	CAF2V157	1.55929035	108.594
9	-226.956823330	0.700000000	N2V157	1.00031429	111.475
10	723.679003959	46.740300924	CAF2V157	1.55929035	125.059
11	-289.614238561	0.700000002	N2V157	1.00031429	126.015
12	910.153581387	34.209584427	CAF2V157	1.55929035	124.006
13	-966.460684234	6.344682099	N2V157	1.00031429	122.517
14	165.167813091	88.645251493	CAF2V157	1.55929035	110.777
15	311.690939161AS	44.560755800	N2V157	1.00031429	86.752
16	-181.953058549AS	7.000000001	CAF2V157	1.55929035	75.717
17	324.246438590	28.589730429	N2V157	1.00031429	71.205
18	-151.825774985	10.000000000	CAF2V157	1.55929035	70.907
19	355.946694253	29.718149685	N2V157	1.00031429	75.412
20	-167.034295485	11.000000000	CAF2V157	1.55929035	76.480
21	-246.225068997AS	15.900879213	N2V157	1.00031429	82.882
22	-155.088799672	28.774591277	CAF2V157	1.55929035	84.935
23	-160.065089727	0.718056461	N2V157	1.00031429	96.655
24	-441.811052729	36.169965537	CAF2V157	1.55929035	105.539
25	-228.522063652	0.700000001	N2V157	1.00031429	112.577
26	-454.136397771	26.566366602	CAF2V157	1.55929035	116.532
27	-500.119500379	17.199265008	N2V157	1.00031429	123.439
28	296.713551807	87.963677578	CAF2V157	1.55929035	141.803
29	-382.314123004	7.668609038	N2V157	1.00031429	140.780
30	-376.638593815AS	12.000000000	CAF2V157	1.55929035	137.274
31	607.216067418	33.641387962	N2V157	1.00031429	133.150
32	-570.164044613	12.000000000	CAF2V157	1.55929035	133.141
33	564.533373593	2.816684919	N2V157	1.00031429	136.871
34	427.721752683	43.902690083	CAF2V157	1.55929035	139.590
35	-732.675269060	0.700000000	N2V157	1.00031429	139.914
36	602.910545189AS	7.000000000	CAF2V157	1.55929035	139.079
37	279.908546327	7.662016814	N2V157	1.00031429	138.631
38	292.067625915	33.982510064	CAF2V157	1.55929035	141.194
39	486.808587823	3.734684777	N2V157	1.00031429	141.087
40	374.488854583	56.692816434	CAF2V157	1.55929035	142.952
41	-487.437697890	24.337612976	N2V157	1.00031429	142.631
42	-260.866697273	12.000000000	CAF2V157	1.55929035	141.625
43	-1117.259721160	35.000000000	N2V157	1.00031429	145.541
44	0.000000000	-25.000000000	N2V157	1.00031429	148.094
45	311.002273193	65.578230150	CAF2V157	1.55929035	157.034
46	-1023.554315350AS	11.481377894	N2V157	1.00031429	156.356
47	-672.576714992AS	12.000000000	CAF2V157	1.55929035	155.113
48	259.883468261	14.205528799	N2V157	1.00031429	151.262
49	305.263739591	86.781334194	CAF2V157	1.55929035	154.398
50	-617.755257115	0.700000000	N2V157	1.00031429	154.565

51	476.256251891	38.263167655	CAF2V157	1.55929035	148.491
52	-1486.494799770	0.719489630	N2V157	1.00031429	147.010
53	145.476122811	40.782858325	CAF2V157	1.55929035	119.019
54	229.665054801	0.933275871	N2V157	1.00031429	113.051
55	140.220419138	31.392645646	CAF2V157	1.55929035	101.740
56	234.824506571	0.723640009	N2V157	1.00031429	95.088
57	162.332837065	27.214899096	CAF2V157	1.55929035	87.541
58	244.278333665	9.299918126	N2V157	1.00031429	74.726
59	376.868342950	10.929551626	CAF2V157	1.55929035	67.902
60	101.455739030	0.715773254	N2V157	1.00031429	51.847
61	101.162965635	8.299519050	CAF2V157	1.55929035	51.361
62	79.437870675	8.884307252	N2V157	1.00031429	44.619
63	102.534993850	25.750482491	CAF2V157	1.55929035	41.066
64	527.160854703	9.000000000	N2V157	1.00031429	28.053
65	0.000000000	0.000000000	N2V157	1.00031429	14.750
66	0.000000000	0.000000000		1.00000000	14.750

## ASPHAERISCHE KONSTANTEN

## FLAECHE NR. 2

C0 0.0000  
 C1 1.13998854e-007  
 C2 -6.36178693e-012  
 C3 3.23659752e-016  
 C4 -5.32444727e-021  
 C5 -8.32495109e-024  
 C6 1.27324768e-027  
 C7 -7.83910573e-032  
 C8 0.00000000e+000  
 C9 0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 4

C0 0.0000  
 C1 7.54224753e-008  
 C2 2.18650725e-012  
 C3 -1.43119795e-016  
 C4 -4.77106422e-021  
 C5 6.81749068e-024  
 C6 -8.54589429e-028  
 C7 5.97164385e-032  
 C8 0.00000000e+000  
 C9 0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 15

C0 0.0000  
 C1 -6.96085201e-009  
 C2 -2.46245992e-012  
 C3 -1.57870389e-016  
 C4 -8.75762750e-021  
 C5 3.86817665e-025  
 C6 -9.00885871e-029  
 C7 8.78630596e-033  
 C8 0.00000000e+000  
 C9 0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 16

C0 0.0000  
C1 -3.45865856e-008  
C2 2.71322951e-012  
C3 1.50235080e-016  
C4 1.89751309e-020  
C5 -1.30006219e-024  
C6 6.16358831e-030  
C7 1.17159428e-033  
C8 0.00000000e+000  
C9 0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 21

C0 0.0000  
C1 -1.29712266e-008  
C2 2.27339781e-012  
C3 1.44782825e-016  
C4 1.49868277e-020  
C5 -4.08871955e-025  
C6 1.55577307e-028  
C7 -1.00785028e-032  
C8 0.00000000e+000  
C9 0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 30

C0 0.0000  
C1 -2.06288424e-009  
C2 5.71589058e-013  
C3 -2.21154944e-018  
C4 -8.89810821e-023  
C5 -1.08068385e-026  
C6 4.36847400e-031  
C7 -5.73712694e-036  
C8 0.00000000e+000  
C9 0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 36

C0 0.0000  
C1 -1.34482120e-008  
C2 -2.70871166e-013  
C3 -1.46625867e-018  
C4 -1.23067852e-022  
C5 6.79261614e-028  
C6 -3.16281062e-032  
C7 -5.79252063e-037  
C8 0.00000000e+000  
C9 0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 46

C0 0.0000  
C1 -1.19258053e-009  
C2 -6.06323614e-014  
C3 -7.79480128e-018

C4 5.18508440e-023  
 C5 4.67224846e-027  
 C6 -3.31365069e-031  
 C7 5.12625482e-036  
 C8 0.00000000e+000  
 C9 0.00000000e+000

FLAECHE NR. 47

C0 0.0000  
 C1 -5.81614530e-009  
 C2 -2.06494325e-014  
 C3 -8.58899622e-018  
 C4 2.06606063e-023  
 C5 7.14078196e-027  
 C6 -3.99032238e-031  
 C7 6.64567245e-036  
 C8 0.00000000e+000  
 C9 0.00000000e+000

Die in Figur 5 dargestellt Linsenanordnung 21 ist ebenfalls für die Wellenlänge 157,6 nm ausgelegt. Dieses Linsenanordnung 21 unterscheidet sich maßgeblich dadurch, dass nur 3 Dubletts D1, D2 und D4 vor der Systemblende 19 angeordnet sind. Das in den vorhergehenden Figuren mit D3 zeichnete Dublett ist entfallen. Die beiden aufeinanderfolgenden Negativlinsen, durch die die zweite schwach ausgeprägte Taille gebildet wird, sind beabstandet voneinander angeordnet. Durch diese geänderte Anordnung und die Einsparung des Dublets D3 wird erreicht, dass das Linsenvolumen sinkt.

Die genauen Linsendaten sind der nachfolgenden Tabelle 4 zu entnehmen.

Tabelle 4

...

m1641a

pat\_ml641a.txt

TABELLE 4

M1641a

FLÄCHE	RADIEN	DICKEN	GLAESER	BRECHZAHL 157.629nm	1/2 FREIER DURCHMESSER
0	0.000000000	23.762838750	N2V157	1.00031429	56.080
1	0.000000000	14.246137526	N2V157	1.00031429	61.246
2	514.707276562AS	13.981815236	CAF2V157	1.55929035	65.688
3	138.212721202	15.579876293	N2V157	1.00031429	66.951
4	534.824781243AS	12.739496641	CAF2V157	1.55929035	69.622
5	389.864179126	33.913726677	N2V157	1.00031429	71.684
6	-131.473719619	28.107831970	CAF2V157	1.55929035	73.586
7	-471.981433648	1.069906657	N2V157	1.00031429	93.899
8	0.000000000	34.308184523	CAF2V157	1.55929035	101.225
9	-228.280123150	0.704684075	N2V157	1.00031429	104.724
10	796.724829345	43.758159816	CAF2V157	1.55929035	116.173
11	-266.360318650	0.745094303	N2V157	1.00031429	117.347
12	1081.261439844	23.811542913	CAF2V157	1.55929035	115.969
13	-712.390784368	9.916731254	N2V157	1.00031429	115.443
14	158.258040233	80.929657183	CAF2V157	1.55929035	103.893
15	328.916333526AS	43.637981348	N2V157	1.00031429	83.021
16	-163.783184213AS	8.000000000	CAF2V157	1.55929035	71.477
17	294.432712383	27.405950067	N2V157	1.00031429	67.256
18	-144.330554051	8.234758928	CAF2V157	1.55929035	67.032
19	397.835892386	28.266532844	N2V157	1.00031429	71.373
20	-161.553948900	10.395325272	CAF2V157	1.55929035	72.890
21	-258.614401773AS	15.068965479	N2V157	1.00031429	79.201
22	-148.191144865	27.281969779	CAF2V157	1.55929035	80.726
23	-153.092043553	0.711404699	N2V157	1.00031429	91.935
24	-429.848987135	34.313214826	CAF2V157	1.55929035	100.580
25	-222.509319222	0.755186371	N2V157	1.00031429	107.422
26	-446.042338354	25.134410060	CAF2V157	1.55929035	111.325
27	-476.016743713	16.168036298	N2V157	1.00031429	117.862
28	290.945720195	91.150270987	CAF2V157	1.55929035	135.561
29	-352.999009021	7.239891532	N2V157	1.00031429	134.606
30	-333.990335846AS	10.794904282	CAF2V157	1.55929035	131.837
31	686.418617658	67.606049576	N2V157	1.00031429	128.953
32	484.704981071AS	20.247999550	CAF2V157	1.55929035	129.812
33	272.256910986	8.301324639	N2V157	1.00031429	129.690
34	283.424612963	21.444612905	CAF2V157	1.55929035	132.593
35	441.096441131	7.286378331	N2V157	1.00031429	132.611
36	341.080821148	56.120769051	CAF2V157	1.55929035	135.413
37	-467.022730717	23.483002796	N2V157	1.00031429	135.092
38	-251.271987182	10.033317804	CAF2V157	1.55929035	133.934
39	-1127.860216547	34.039044392	N2V157	1.00031429	137.435
40	0.000000000	-23.762838750	N2V157	1.00031429	140.287
41	297.718439650	63.279096400	CAF2V157	1.55929035	148.476
42	-917.492707769AS	10.913617063	N2V157	1.00031429	147.745
43	-614.308568323AS	11.278985347	CAF2V157	1.55929035	146.599
44	248.499662987	14.012163218	N2V157	1.00031429	143.454
45	293.420324051	77.421679876	CAF2V157	1.55929035	146.721
46	-577.615924152	0.827697085	N2V157	1.00031429	146.976
47	428.803478030	38.627735627	CAF2V157	1.55929035	141.309
48	-1538.689777020	0.709093944	N2V157	1.00031429	139.590
49	138.430254604	39.259717130	CAF2V157	1.55929035	113.344
50	220.629434605	0.852226738	N2V157	1.00031429	107.642
51	134.960023432	29.998458517	CAF2V157	1.55929035	97.026
52	215.500125113	0.702119104	N2V157	1.00031429	89.828
53	149.475551465	25.893987130	CAF2V157	1.55929035	82.702
54	231.671140781	8.808791935	N2V157	1.00031429	71.084
55	350.283305716	10.400580673	CAF2V157	1.55929035	64.558
56	145.109553410	0.700000000	N2V157	1.00031429	52.531
57	141.455177019	8.001279379	CAF2V157	1.55929035	51.711
58	73.955966022	8.329441414	N2V157	1.00031429	42.080
59	96.168359436	24.494556608	CAF2V157	1.55929035	38.879
60	459.800275735	8.554621950	N2V157	1.00031429	26.571
61	0.000000000		N2V157		14.020

pat\_m1641a.txt

## ASPHAERISCHE KONSTANTEN

FLAECHE NR. 2

K 0.0000  
C1 1.40076890e-007  
C2 -9.37770559e-012  
C3 5.50812946e-016  
C4 6.20589318e-021  
C5 -2.37140019e-023  
C6 3.95180787e-027  
C7 -2.60792832e-031  
C8 0.00000000e+000  
C9 0.00000000e+000

FLAECHE NR. 4

K 0.0000  
C1 9.46620092e-008  
C2 3.31455802e-012  
C3 -2.39290707e-016  
C4 -1.71234783e-020  
C5 1.74026756e-023  
C6 -2.43020107e-027  
C7 1.77431459e-031  
C8 0.00000000e+000  
C9 0.00000000e+000

FLAECHE NR. 15

K 0.0000  
C1 -1.23543806e-008  
C2 -3.08782621e-012  
C3 -2.03630284e-016  
C4 -8.16153110e-021  
C5 1.74407091e-025  
C6 -5.09307070e-029  
C7 1.00885745e-032  
C8 0.00000000e+000  
C9 0.00000000e+000

FLAECHE NR. 16

K 0.0000  
C1 -4.62416977e-008  
C2 5.09342413e-012  
C3 1.93873885e-016  
C4 2.75889868e-020  
C5 -1.64807233e-024  
C6 -1.89286552e-028  
C7 1.58124115e-032  
C8 0.00000000e+000  
C9 0.00000000e+000

FLAECHE NR. 21

K 0.0000  
C1 -2.13181934e-008  
C2 3.39572804e-012  
C3 1.70428863e-016  
C4 2.27977453e-020  
C5 -9.47218587e-025  
C6 2.65529506e-028  
C7 -2.14888777e-032  
C8 0.00000000e+000  
C9 0.00000000e+000

FLAECHE NR. 30

pat\_m1641a.txt

K 0.0000  
C1 -2.44196650e-009  
C2 6.83785083e-013  
C3 -4.77483094e-018  
C4 -4.35836087e-023  
C5 -1.74046992e-026  
C6 6.83065300e-031  
C7 -9.01251572e-036  
C8 0.00000000e+000  
C9 0.00000000e+000

FLAECHE NR. 32

K 0.0000  
C1 -1.53715814e-008  
C2 -3.53812954e-013  
C3 -8.52862214e-019  
C4 -2.84552357e-022  
C5 3.34667441e-027  
C6 -1.70981346e-031  
C7 8.06815620e-038  
C8 0.00000000e+000  
C9 0.00000000e+000

FLAECHE NR. 42

K 0.0000  
C1 -1.38703825e-009  
C2 -7.42014625e-014  
C3 -1.11669633e-017  
C4 7.72614773e-023  
C5 8.16034068e-027  
C6 -6.36127613e-031  
C7 1.09104108e-035  
C8 0.00000000e+000  
C9 0.00000000e+000

FLAECHE NR. 43

K 0.0000  
C1 -6.81804423e-009  
C2 -3.12076075e-014  
C3 -1.22481799e-017  
C4 2.99026626e-023  
C5 1.23468742e-026  
C6 -7.60144642e-031  
C7 1.42018134e-035  
C8 0.00000000e+000  
C9 0.00000000e+000



Die in Figur 6 dargestellte Linsenordnung 21 ist für die Wellenlänge 193 Nanometer ausgelegt. Das belichtbare Feld beträgt 10,5 mm x 26 mm. Die Baulänge von Objektebene 0' - Bildebene 0' beträgt 1200 mm. Die für die Herstellung erforderliche Materialmenge an Quarzglas beträgt lediglich 103 kg. Auch bei diesem Ausführungsbeispiel, genauso wie dem in Figur 5 gezeigten Ausführungsbeispiel, sind insgesamt nur 4 Dubletts vorgesehen. Auch bei diesem Ausführungsbeispiel ist auf das Dublett, dass in den Figuren 2-4 mit D3 bezeichnet worden ist, entfallen. Die genauen Linsendaten sind der nachfolgenden Tabelle 5 zu entnehmen.

Tabelle 5

M1656a

Fl.	RADIEN	DICKEN	GLAESER	BRECHZAHL	1/2 FREIER FLÄCHE
				193.304 nm	DURCHMESSER
0	0.000000000	22.812325200	N2	1.00000320	56.080
1	0.000000000	10.339145912	N2	1.00000320	61.040
2	1344.886802290AS	15.881971169	IO2HL	1.56028895	63.970
3	232.178777938	15.628670502	N2	1.00000320	66.074
4	-537.599235732AS	10.251256144	SIO2HL	1.56028895	67.146
5	357.600737011	39.221339825	N2	1.00000320	71.765
6	-107.956923549	18.404856395	SIO2HL	1.56028895	73.446
7	-243.717356229	0.700350683	N2	1.00000320	92.692
8	0.000000000	41.961272197	SIO2HL	1.56028895	108.723
9	-202.822623296	0.701099003	N2	1.00000320	112.352
10	908.396780928	46.105755859	SIO2HL	1.56028895	127.495
11	-324.403526021	0.700000000	N2	1.00000320	129.122
12	272.374319621	70.961916034	SIO2HL	1.56028895	129.626
13	-861.339949580	0.801352132	N2	1.00000320	124.293
14	189.599720148	87.814706985	SIO2HL	1.56028895	107.193
15	235.651582170AS	33.939348010	N2	1.00000320	73.553

16	-167.950781585	23.127229402	SIO2HL	1.56028895	71.043
17	418.275060837AS	29.676213557	N2	1.00000320	66.843
18	-122.074492458	12.991654582	SIO2HL	1.56028895	65.012
19	225.914585773	27.597144000	N2	1.00000320	69.278
20	-207.944504375	9.625251661	SIO2HL	1.56028895	70.891
21	-222.237071915AS	12.259114879	N2	1.00000320	74.459
22	-143.306961785	25.742020969	SIO2HL	1.56028895	75.779
23	-171.350364563	0.700000000	N2	1.00000320	87.359
24	-584.950465544	30.430256525	SIO2HL	1.56028895	94.810
25	-322.926323860	0.700000000	N2	1.00000320	102.056
26	-2074.519592980	18.436325366	SIO2HL	1.56028895	106.932
27	-454.899324547	0.700000000	N2	1.00000320	108.765
28	311.973161398	60.379264795	SIO2HL	1.56028895	116.799
29	-244.157709436	4.226375511	N2	1.00000320	116.691
30	-226.802865587AS	8.000000000	SIO2HL	1.56028895	115.226
31	581.003793889AS	33.843695716	N2	1.00000320	113.965
32	433.165006354AS	8.000000000	SIO2HL	1.56028895	117.646
33	220.638014434	6.160147896	N2	1.00000320	117.478
34	235.847612538	38.094085109	SIO2HL	1.56028895	119.548
35	2922.562377140	10.091385703	N2	1.00000320	119.635
36	828.603251335	34.242333007	SIO2HL	1.56028895	120.292
37	-421.523524573	19.499093440	N2	1.00000320	120.075
38	-227.399216829	8.000000000	SIO2HL	1.56028895	119.391
39	-713.133778093	32.677482617	N2	1.00000320	122.273
40	0.000000000	-22.812325200	N2	1.00000320	124.721
41	477.077275979	54.887245264	SIO2HL	1.56028895	128.109
42	-302.959408554AS	9.015123458	N2	1.00000320	128.235
43	-259.248633314AS	8.000000000	SIO2HL	1.56028895	127.331
44	257.367927097	9.018964995	N2	1.00000320	132.095
45	301.442153248	62.427272391	SIO2HL	1.56028895	134.626
46	-415.709868667	0.700000000	N2	1.00000320	135.476
47	247.440229366AS	47.657128386	SIO2HL	1.56028895	133.887

48	-288949.445195000	0.700000000	N2	1.00000320	131.978
49	151.825283163	37.348129556	SIO2HL	1.56028895	112.363
50	293.987758399	0.700000000	N2	1.00000320	107.532
51	140.326981621	28.581518950	SIO2HL	1.56028895	94.765
52	219.719357959	0.700000000	N2	1.00000320	86.981
53	142.826791834	24.808199570	SIO2HL	1.56028895	79.406
54	283.110177788	7.914740800	N2	1.00000320	70.515
55	510.756323891	9.591341155	SIO2HL	1.56028895	64.645
56	266.825722219	0.722333492	N2	1.00000320	55.512
57	215.942664188	8.000000000	SIO2HL	1.56028895	53.165
58	72.787640467	7.718712927	N2	1.00000320	41.272
59	93.765259707	24.684737028	SIO2HL	1.56028895	38.377
60	469.355888001	8.212437072	N2	1.00000320	26.099
61	0.000000000	0.000000000	N2	1.00000320	14.020
62	0.000000000	0.000000000		1.00000000	14.020

## ASPHAERISCHE KONSTANTEN

## FLAECHE NR. 2

C0 0.0000  
 C1 1.52757338e-007  
 C2 -1.39394902e-011  
 C3 7.41376692e-016  
 C4 -3.46945761e-019  
 C5 8.95992656e-023  
 C6 -1.64136955e-026  
 C7 1.18641735e-030  
 C8 0.00000000e+000  
 C9 0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 4

C0 0.0000  
C1 4.00562871e-008  
C2 4.60196624e-012  
C3 -3.47640954e-016  
C4 1.69507580e-019  
C5 -3.89922208e-023  
C6 7.79027536e-027  
C7 -5.53241761e-031  
C8 0.00000000e+000  
C9 0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 15

C0 0.0000  
C1 5.47524591e-008  
C2 5.05793043e-013  
C3 3.05008775e-017  
C4 -1.98253574e-021  
C5 7.84443491e-025  
C6 -1.27239733e-028  
C7 6.73733553e-033  
C8 0.00000000e+000  
C9 0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 17

C0 0.0000  
C1 -9.99718876e-008  
C2 -8.52059462e-012  
C3 -5.86845398e-016  
C4 -6.64124324e-020

C5 -4.60657771e-024  
C6 -5.51712065e-028  
C7 0.00000000e+000  
C8 0.00000000e+000  
C9 0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 21

C0 0.0000  
C1 -1.77390890e-008  
C2 1.86160395e-012  
C3 2.57697930e-016  
C4 2.73779514e-020  
C5 4.36917581e-024  
C6 -1.21030389e-028  
C7 7.05508252e-032  
C8 0.00000000e+000  
C9 0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 30

C0 0.0000  
C1 -2.92222111e-009  
C2 6.98720386e-013  
C3 9.60282132e-018  
C4 4.51192034e-022  
C5 -8.63764902e-026  
C6 2.79307913e-030  
C7 -4.28143587e-035  
C8 0.00000000e+000  
C9 0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 31

CO 0.0000  
C1 3.79088573e-009  
C2 1.54225743e-013  
C3 2.58122902e-018  
C4 7.06529922e-022  
C5 -4.65550297e-026  
C6 1.02837481e-030  
C7 2.54076903e-036  
C8 0.00000000e+000  
C9 0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 32

C0 0.0000  
C1 -1.43835369e-008  
C2 9.53138635e-014  
C3 -7.72742465e-019  
C4 -5.55446815e-023  
C5 1.85136302e-026  
C6 -1.44110574e-030  
C7 3.72591227e-035  
C8 0.00000000e+000  
C9 0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 42

C0 0.0000  
C1 -1.46322720e-009  
C2 -7.32982723e-014

C3 -4.12559846e-018  
C4 1.10568402e-022  
C5 8.54286956e-027  
C6 -8.34588063e-031  
C7 1.97309537e-035  
C8 0.00000000e+000  
C9 0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 43

C0 0.0000  
C1 -6.88182408e-009  
C2 1.49845458e-014  
C3 -3.68264031e-018  
C4 1.78132275e-022  
C5 6.62312346e-027  
C6 -8.68541514e-031  
C7 2.32817966e-035  
C8 0.00000000e+000  
C9 0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 47

C0 0.0000  
C1 1.62217387e-009  
C2 -6.74169300e-014  
C3 1.20108340e-018  
C4 1.21664354e-023  
C5 -1.11444071e-027  
C6 1.08479154e-031  
C7 -2.93513997e-036  
C8 0.00000000e+000

C9 0.00000000e+000



Die asphärischen Linsenoberflächen werden durch die Gleichung:

$$P(h) = \frac{h^2 / R}{1 + \sqrt{1 - (1 + C_0) h^2 / R^2}} + C_1 h^4 + C_2 h^6 + \dots$$

beschrieben, wobei  $P(h)$  die Pfeilhöhe als Funktion des Radius  $h$ , also der Abstand von einer ebenen Fläche ist, die durch den Flächenscheitel geht und senkrecht zur optischen Achse orientiert ist.  $C_1$  bis  $C_n$  sind die in den Tabellen angegebenen asphärischen Konstanten und  $C_0$  ist die konische Konstante.  $R$  ist der in den Tabellen angegebene Scheitelradius.

Bei der Frage nach dem für die Belichtung im Resist noch erträglichen Kontrastabfall, zeigt sich, dass der Kontrastabfall durch den Farblängsfehler eines Lithographieobjektives deutlich beeinflusst wird. Um die Bandbreite eines Systems über verschiedene Aperturen, Wellenlängen, Materialien und Strukturbreiten zu ermitteln, werden folgende maximale Zerstreuungskreise, die durch den Farblängsfehler induziert werden, vorgeschlagen:

Durchmesser des Zerstreuungskreises  $< 2,2 \times$  Strukturbreite  
und vorzugsweise

Durchmesser des Zerstreuungskreises  $< 2,0 \times$  Strukturbreite

Der chromatisch induzierte Zerstreuungskreis soll bei maximaler Apertur und bei einem  $\Delta\lambda$  von der Hälfte der Lichtquellenbandbreite zur mittleren Arbeitswellenlänge ermittelt werden.

In der nachfolgenden Tabelle wurde die Bandbreite eines Systems für folgendes Verhältnis ermittelt:

Durchmesser des Chromatischen Zerstreuungskreises  $= 2,1 \times$  Strukturbreite, dies ergibt einen Kontrastabfall von etwa 6,5% des polychromatischen Systems zum monochromatischen System für Gitterstrukturen.

Bez.	$\lambda$ in nm	NA	Bildfeld mm <sup>2</sup>	Struktur- breite in mm $K_1=0,32$	Band- breite pm	Material	CHL nm/pm	Asph. Zahl	KCHL
1471a	193	0,8	26x10,5	77,3	0,31	SiO	392	9	5,02
1634a	193	0,85	26x10,5	72,8	0,24	SiO <sub>2</sub>	401	9	5,13
1656a	193	0,85	26x10,5	72,8	0,26	SiO <sub>2</sub>	367	11	4,71
1640a	157	0,85	26x14	59,3	0,12	CaF <sub>2</sub>	672	9	5,18
1641a	157	0,85	26x10,5	59,3	0,12	CaF <sub>2</sub>	668	9	5,15
m1450a	193	0,85	26x8	72,8	0,19	SiO <sub>2</sub>	503	11	6,64
m1159a	248	0,83	26x8	95,8	0,75	SiO <sub>2</sub>	180	4	6,07

Die Strukturbreite wurde nach der folgenden Formel bestimmt:

$$\text{Strukturbreite} = \frac{\lambda * K_1}{NA}$$

Dabei wurde ein  $K_1$  von 0,32 gewählt. Der  $K_1$  Wert variiert sinnvoller Weise zwischen 0,27 und 0,35. Die Kennziffer KCHL kann den Vergleich zwischen unterschiedlichen refraktiven Lithographiedesigns herstellen bezüglich der Erzeugung des chromatischen Längsfehlers unter den Bedingungen Bildfeld, Bandbreite der Lichtquelle und Materialdispersion der verwendeten Linsen. Besteht das Objektiv nur aus einem Material wird nur diese eine Materialdispersion benutzt. Besteht das Objektiv aus mehreren Materialien erhält jede Linse ein synthetisches Ersatzmaterial mit einer Brechzahl wie bisher, aber einer einheitlichen wählbaren Dispersion zur Errechnung des Ersatz CHL.

$$KCHL = \frac{CHL[nm]}{\Delta\lambda[nm] * \left(\frac{\Delta n}{n-1}\right) * y'_{\max}[nm]}$$

CHL ist der chromatische Längsfehler

$\Delta\lambda$  ist das Bandbreitenintervall

$y'_{\max}$  ist der maximale Bildfelddurchmesser.

Vorteilhafterweise gibt man die numerischen Werte für KCHL,  $\Delta\lambda$  und  $Y_{\max}$  alle in nm ein, für  $\Delta\lambda$  wählt man beispielsweise einen Wert von 1nm. Um den Stand der Technik zu dokumentieren wurden aus der WO 01/50171 A1 die Beispiel m 1159a repräsentiert einen ganz typischen KCHL Wert von 6,07 der nur in ganz engen Grenzen von allen refraktiven Lithographieobjektiven variiert. Ein so hoher KCHL Wert von 6,64 für das Beispiel mit Bezeichnung m 1450a ist als Ausnahme nach oben gezeigt.

Werte deutlich unter 6,0 werden erstmalig mit den in hier gezeigten Ausführungsbeispielen erreicht. Insbesondere im Beispiel m 1656a wurde ein extrem kleiner KCHL bewiesen. (KCHL = 4,71) Dieser ermöglicht es erstmalig für 193 nm und etwa 70nm Strukturbreite nur SiO<sub>2</sub> als Linsenmaterial einzusetzen. Der völlige Verzicht auf CaF<sub>2</sub> bei 70nm Strukturen und das Reduzieren des CaF<sub>2</sub> Volumen für noch kleinere Strukturen ist enormer wirtschaftlicher Vorteil. Die Objektiv hier gezeigter Bauart besitzen:

Einen KCHL Wert von < 5,3 vorzugsweise

einen KCHL Wert von < 5,0 und ganz bevorzugt einen

KCHL Wert von < 4,8

## Bezugszeichenliste:

- 1 Projektionsbelichtungsanlage
- 3 Beleuchtungseinrichtung
- 5 Projektionsobjektiv
- 7 optische Achse
- 9 Maske
- 11 Maskenhalter
- 13 Bildebene
- 15 Wafer
- 17 Substrathalter
- 19 Systemblende
- 21 Linsenordnung
- 23 Lichtbündel
- 25 größter Lichtbündeldurchmesser
- 27 Lichtbündeldurchmesser
- 29 erste Taille

## Patentansprüche

1. Refraktives Projektionsobjektiv für die Mikrolithographie mit einer Linsenordnung bei dem alle Linsen aus einem Material bestehen und das eine bildseitige numerische Apertur (NA) von größer 0,7 aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass das die Linsenordnung (21) transmittierende Lichtbündel (23) im Bereich vor einer in der Linsenordnung (21) angeordneten Systemblende (19) auf der Länge gleich dem größten Lichtbündeldurchmesser (25) oder des maximalen Linsendurchmessers in der Linsenordnung (21) größer als 85 % des größten Lichtbündeldurchmessers (25) oder des maximalen Linsendurchmessers ist.
2. Refraktives Projektionsobjektiv für die Mikrolithographie für eine Belichtungswellenlänge von kleiner 300nm und vorzugsweise einer numerischen Apertur von mindestens 0,8, dadurch gekennzeichnet, dass alle Linsen aus einem Material bestehen und der Kennwert KCHL kleiner oder gleich 5,5, vorzugsweise kleiner oder gleich 5,0 und besonders bevorzugt 4,8 beträgt, wobei für den Kennwert KCHL gilt

$$KCHL = \frac{CHL[nm]}{\Delta\lambda[nm] * \left(\frac{\Delta n}{n-1}\right) * y_{\max}[nm]}$$

CHL ist der chromatische Längsfehler

$\Delta\lambda$  ist das Bandbreitenintervall

$Y_{\max}$  ist der maximale Bildfelddurchmesser.

3. Refraktives Projektionsobjektiv nach Anspruch 1 oder 2, das eine zwischen zwei Bäuchen angeordnete erste Taille aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass nach dieser ersten Taille (29) mindestens 4 Dubletts (D1-D5), bestehend aus einer Negativlinse und einer Positivlinse, angeordnet sind.
4. Refraktives Projektionsobjektiv nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, das eine zweite Taille aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Taille (UG3b)

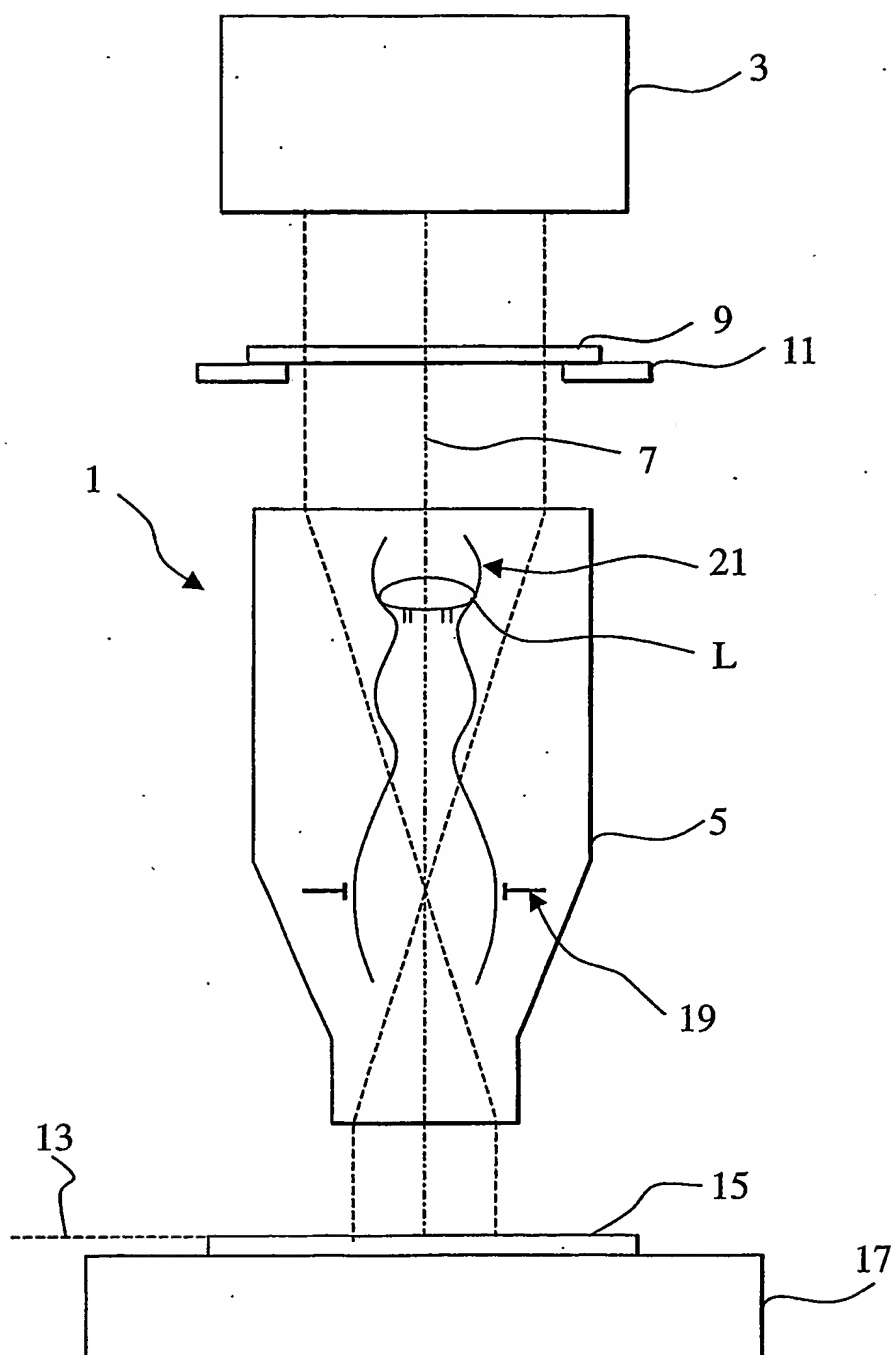
durch zwei aufeinanderfolgende Negativlinsen gebildet wird, die zwischen zwei Positivlinsen angeordnet sind, wobei die Positivlinsen jeweils auf der der jeweiligen Negativlinse der Taille (UG3b) zugewandten Seite eine konvexe Linsenoberfläche aufweisen.

5. Refraktives Projektionsobjektiv nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass in der zweiten Taille (UG3b) der Lichtbündeldurchmesser (23) bzw. der Linsendurchmesser in der zweiten Taille mindestens 85 % des maximalen Linsendurchmessers bzw. Lichtbündeldurchmessers (25) beträgt.
6. Refraktives Projektionsobjektiv nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass nach der ersten Taille (LG2) vier Dupletts (D1, D3, D4, D5) angeordnet sind, die aus einer Positivlinse, auf die direkt eine Negativlinse folgt, bestehen.
7. Refraktives Projektionsobjektiv nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand zwischen den zueinander gewandten Linsenoberflächen der Dupletts (D1- D5) kleiner als 10 % des gemittelten Linsendurchmessers des jeweiligen Dupletts ist.
8. Refraktives Projektionsobjektiv nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die zueinander gewandten Linsenoberflächen von mindestens drei Dupletts einen Abstand aufweisen, der kleiner als 10 mm ist.
9. Refraktives Projektionsobjektiv nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die ersten beiden Linsen der Linsenanordnung (21) negative Brechkraft aufweisen und zum Objekt hin durchgebogen sind.
10. Projektionsobjektiv, dass in drei Linsengruppen unterteilbar ist, wobei durch eine erste Linsengruppe, die positive Brechkraft aufweist, ein erster Bauch gebildet wird und durch eine zweite sich anschließende Linsengruppe, die negative Brechkraft aufweist, eine Taille gebildet wird, wobei auf diese zweite Linsengruppe eine lang gestreckte hintere

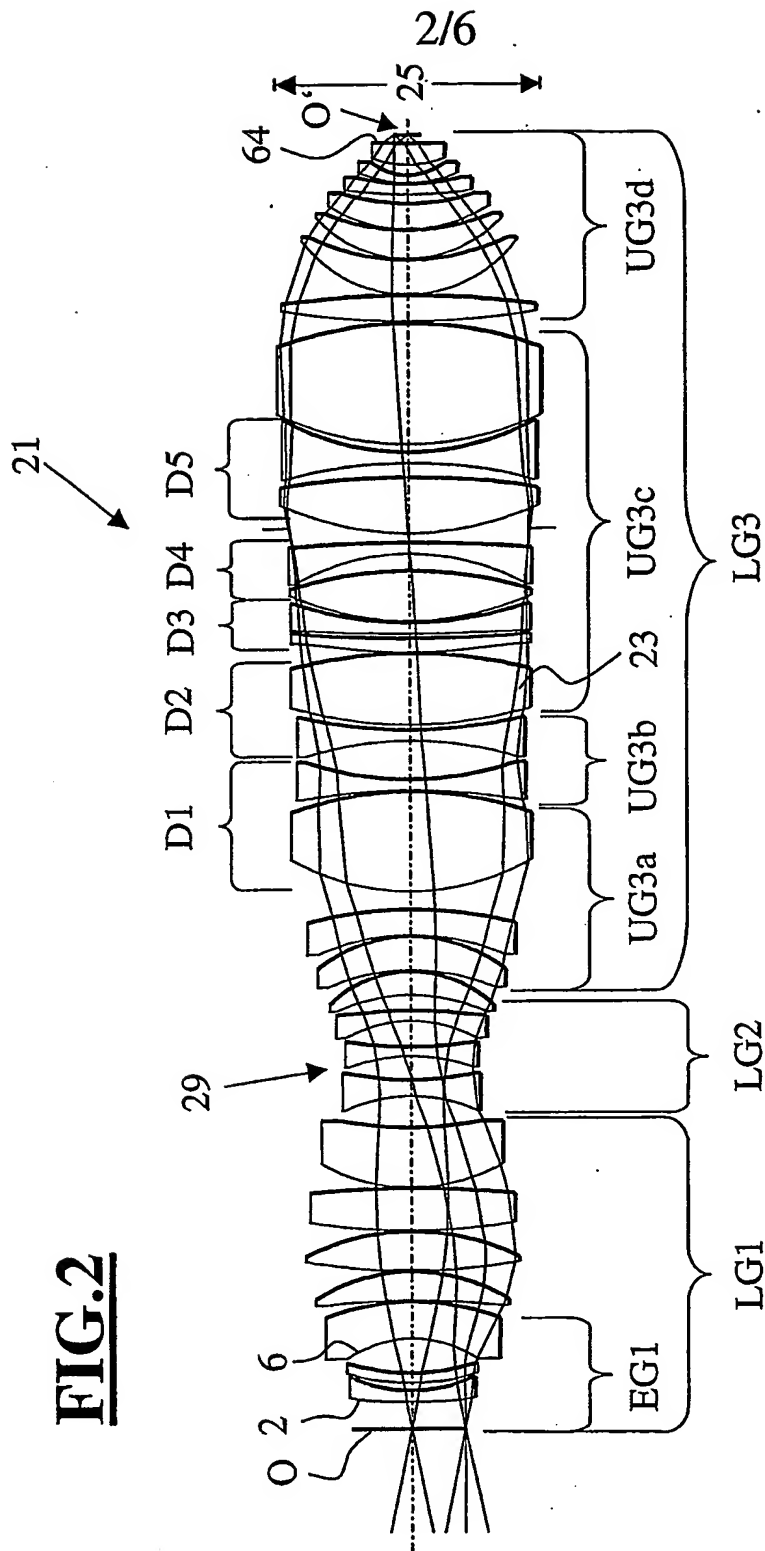
Linsengruppe folgt, in der die Systemblende 19 angeordnet ist und die sich über 60 % der Länge des Projektionsobjektives erstreckt.

11. Refraktives Projektionsobjektiv nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Taille (29) aus drei Negativlinsen besteht.
12. Refraktives Projektionsobjektiv nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die ersten drei aufeinander folgenden Linsen (EG1) negative Brechkraft aufweisen.
13. Projektionsbelichtungsanlage der Mikolithographie, dadurch gekennzeichnet, dass die Projektionsbelichtungsanlage (1) ein Projektionsobjektiv (5) mit einer Linsenanordnung (21) nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche umfaßt.
14. Verfahren zur Herstellung mikrostrukturierter Bauteile, bei dem ein mit einer lichtempfindlichen Schicht versehenes Substrat (15) mittels einer Maske (9) und einer Projektionsbelichtungsanlage (1) mit einer Linsenanordnung (21) nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche durch ultraviolettes Laserlicht belichtet wird und gegebenenfalls nach Entwicklung der Lichtempfindlichen Schicht entsprechend einem auf der Maske (9) enthaltenem Muster strukturiert wird.

1/6

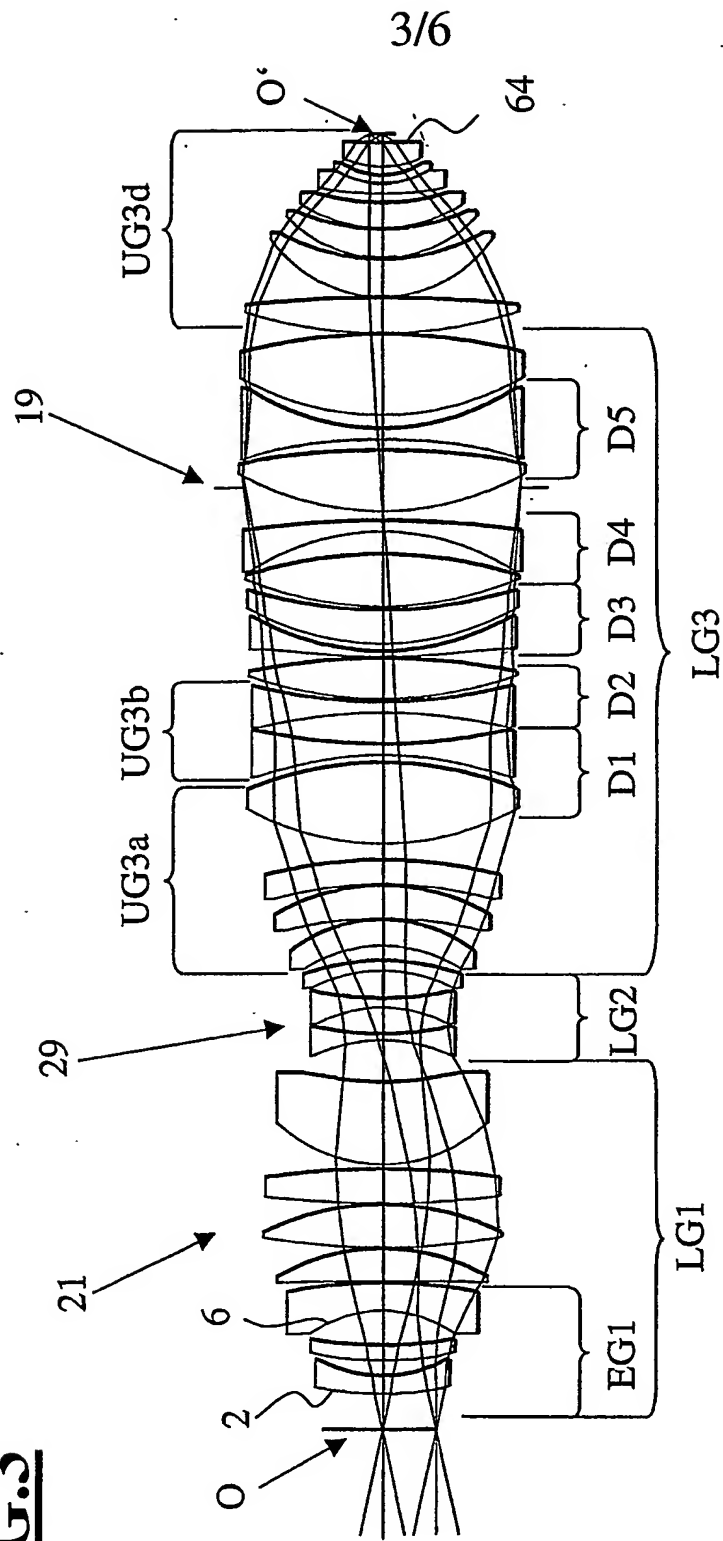
**FIG.1**





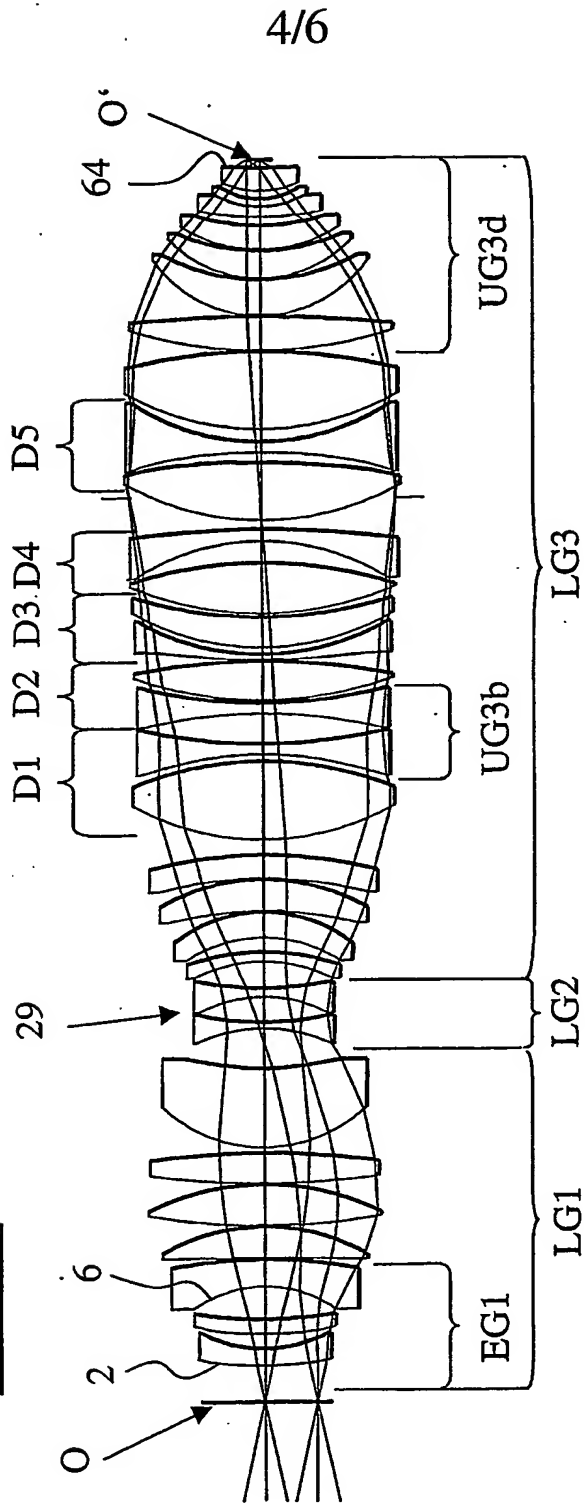
ml471a

**FIG.3**



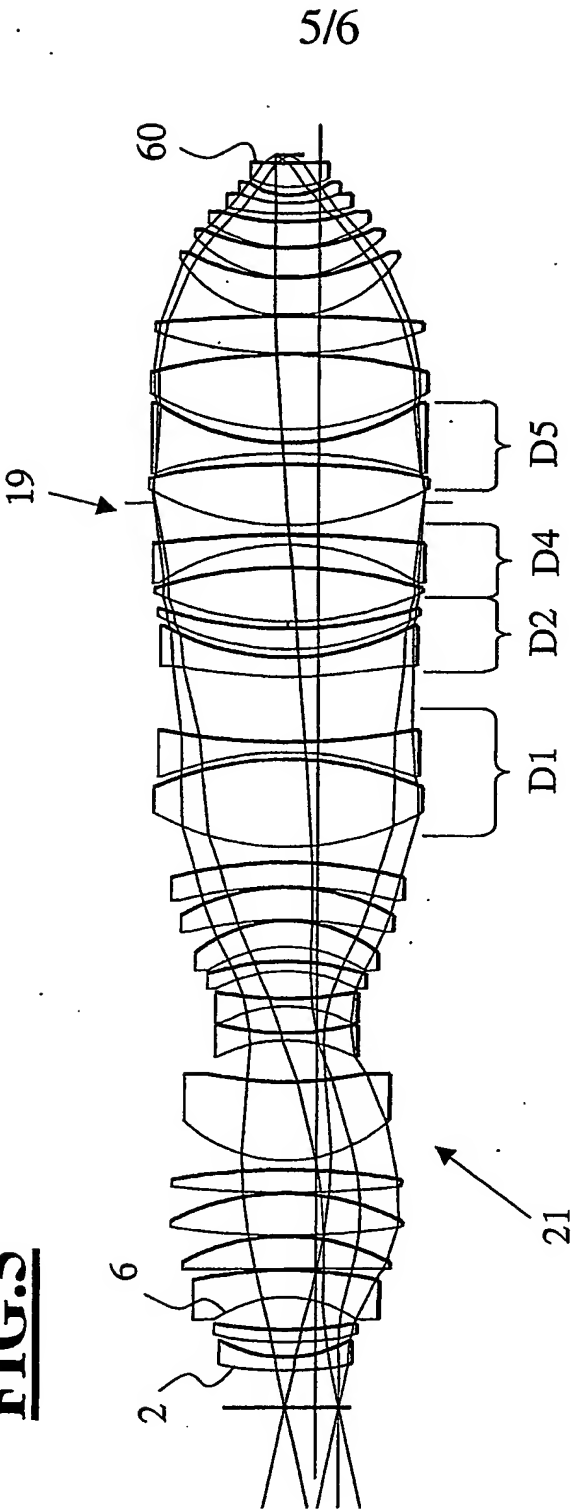
m1634a

**FIG.4**



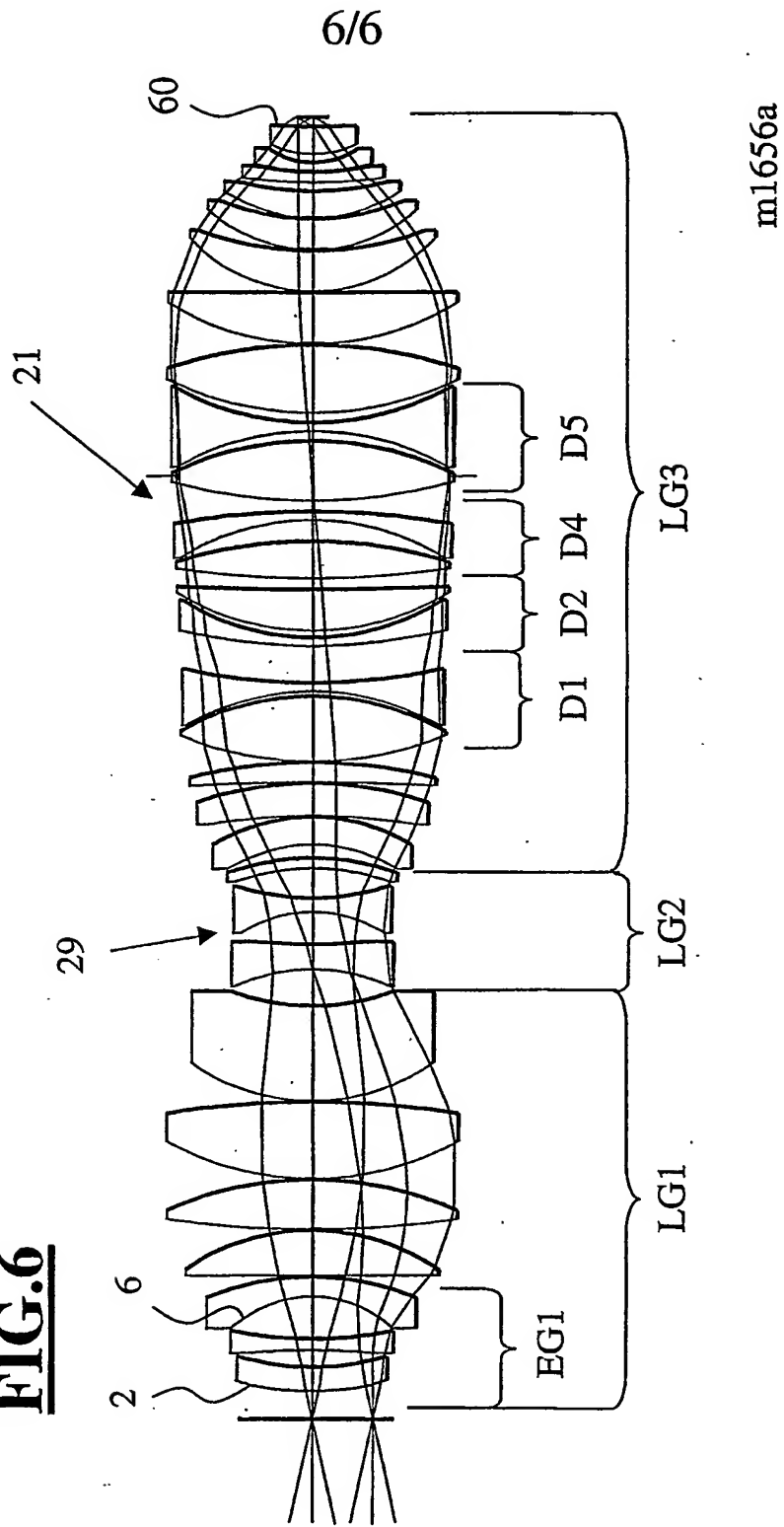
m1640a

**FIG.5**



m1641a

**FIG.6**



(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
12. September 2003 (12.09.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 03/075097 A3

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: G03F 7/20

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP03/01651

(22) Internationales Anmeldedatum:  
19. Februar 2003 (19.02.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
60/360,845 1. März 2002 (01.03.2002) US  
102 21 243.0 13. Mai 2002 (13.05.2002) DE  
102 29 249.3 28. Juni 2002 (28.06.2002) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): CARL ZEISS SMT AG [DE/DE]; Carl-Zeiss-Strasse  
22, 73447 Oberkochen (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): SCHUSTER,  
Karl-Heinz [DE/DE]; Rechbergstrasse 24, 89551 Königs-  
bronn (DE).

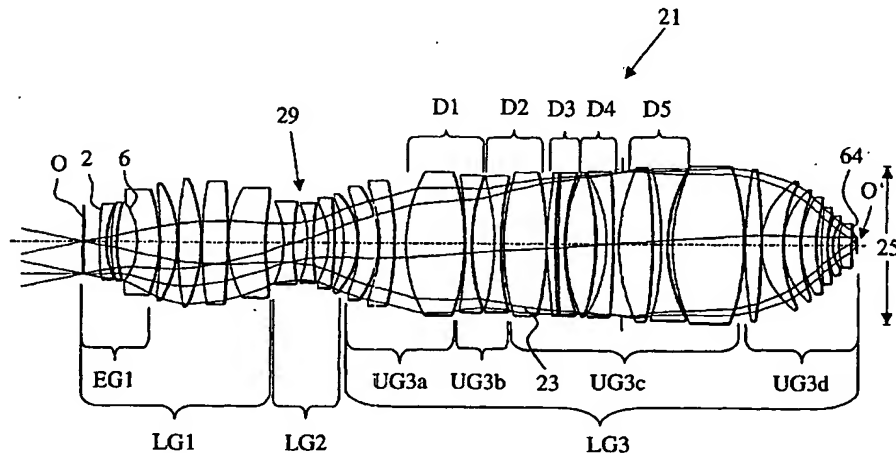
(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT,  
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,  
CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE,  
GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR,  
KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK,  
MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU,  
SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,  
US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): ARIPO-Patent (GH,  
GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW),  
eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,  
TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: REFRACTIVE PROJECTION LENS WITH A MIDDLE PART

(54) Bezeichnung: REFRAKTIVES PROJEKTIONSOBJEKTIV MIT EINER TAILLE



(57) Abstract: Disclosed is a refractive projection lens used in microlithography, which comprises a lens array in which all lenses are made of one material, and which has a numerical aperture (NA) of more than 0.7 on the image side. The light beam (23) transmitting through the lens array (21) is greater than 85 percent of the largest diameter (25) of the light beam or the maximum lens diameter in the area located upstream from a system diaphragm (19) which is disposed in the lens array (21) along a distance that is equal to the greatest diameter (25) of the light beam or the maximum lens diameter in the lens array (21).

(57) Zusammenfassung: Refraktives Projektionsobjektiv für die Mikrolithographie mit einer Linsenanordnung bei dem alle Linsen aus einem Material bestehen und das eine bildseitige numerische Apertur (NA) von grösser 0,7 aufweist, wobei das die Linsenanordnung (21) transmittierende Lichtbündel (23) im Bereich vor einer in der Linsenanordnung (21) angeordneten Systemblende (19) auf der Länge gleich dem grössten Lichtbündeldurchmesser (25) oder des maximalen Linsendurchmessers in der Linsenanordnung (21) grösser als 85% des grössten Lichtbündeldurchmessers (25) oder des maximalen Linsendurchmessers ist.

WO 03/075097 A3



DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL,  
PT, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI,  
CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(88) Veröffentlichungsdatum des internationalen

Recherchenberichts:

13. November 2003

**Erklärung gemäß Regel 4.17:**

— *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) nur für US*

**Veröffentlicht:**

— *mit internationalem Recherchenbericht*

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/EP 03/01651

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G03F7/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G03F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 198 55 108 A (ZEISS CARL FA) 31 May 2000 (2000-05-31)  figures 1-3; tables 1-5 ---	1,3,4, 6-8,11, 13,14
X	EP 1 111 425 A (ZEISS CARL ; ZEISS STIFTUNG (DE)) 27 June 2001 (2001-06-27) figure 1; table 1 -----	1,3,4, 13,14

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

20 May 2003

Date of mailing of the international search report

08.08.03

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Daffner, M



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

EP03/01651

**Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)**

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

**Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)**

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

**SEE SUPPLEMENTAL SHEET**

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:  
1, 3-9, 11-14

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.  
☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

The International Searching Authority has determined that this international application contains more than one invention or group of inventions, namely:

1. claims 1, 3-9 and 11-14

refractive projection lens for microlithography, wherein all lenses are made of one material and the ratio of the diameter of the light beam or lenses in a lens array in front of a diaphragm relative to the maximum diameter of the light beam or lenses is at least 85 % [N.B. Claims 3-9 and 11-14 are considered to belong to this group only insofar as they relate to claim 1];

2. claims 2, 3-9 and 11-14

refractive projection lens for microlithography, wherein all lenses are made of one material and the quotient (KCHL) calculated by dividing the chromatic longitudinal aberration by the bandwidth interval multiplied by the maximum image field diameter is less than a given value [N.B. Claims 3-9 and 11-14 are considered to belong to this group only insofar as they relate to claim 2];

3. claims 10-14

projection lens which can be divided into three lens groups, an elongate rear lens group extending over 60 % of the length of the projection lens [N.B. Claims 11-14 are considered to belong to this group only insofar as they relate to claim 10].

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 03/01651

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19855108	A	31-05-2000	DE 19855108 A1	31-05-2000
			WO 0033138 A1	08-06-2000
			EP 1006389 A2	07-06-2000
			EP 1141781 A1	10-10-2001
			JP 2000171706 A	23-06-2000
			JP 2002531878 T	24-09-2002
			KR 2000034926 A	26-06-2000
			TW 480347 B	21-03-2002
			US 6349005 B1	19-02-2002
			US 2003007253 A1	09-01-2003
-----				
EP 1111425	A	27-06-2001	EP 1111425 A2	27-06-2001
			JP 2001201682 A	27-07-2001
			TW 448307 B	01-08-2001
			US 2002001141 A1	03-01-2002
			US 2001050820 A1	13-12-2001
-----				

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationaler Aktenzeichen  
PCT/EP 03/01651

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 G03F7/20

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 G03F

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 198 55 108 A (ZEISS CARL FA) 31. Mai 2000 (2000-05-31)  Abbildungen 1-3; Tabellen 1-5 ---	1,3,4, 6-8,11, 13,14
X	EP 1 111 425 A (ZEISS CARL ; ZEISS STIFTUNG (DE)) 27. Juni 2001 (2001-06-27) Abbildung 1; Tabelle 1 -----	1,3,4, 13,14

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :  
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

20. Mai 2003

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

08.06.03

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Daffner, M

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP 03/01651

## Feld I Bemerkungen zu den Ansprüchen, die sich als nicht recherchierbar erwiesen haben (Fortsetzung von Punkt 2 auf Blatt 1)

Gemäß Artikel 17(2)a) wurde aus folgenden Gründen für bestimmte Ansprüche kein Recherchenbericht erstellt:

1. ☐ Ansprüche Nr. \_\_\_\_\_  
weil sie sich auf Gegenstände beziehen, zu deren Recherche die Behörde nicht verpflichtet ist, nämlich \_\_\_\_\_
2. ☐ Ansprüche Nr. \_\_\_\_\_  
weil sie sich auf Teile der internationalen Anmeldung beziehen, die den vorgeschriebenen Anforderungen so wenig entsprechen, daß eine sinnvolle internationale Recherche nicht durchgeführt werden kann, nämlich \_\_\_\_\_
3. ☐ Ansprüche Nr. \_\_\_\_\_  
weil es sich dabei um abhängige Ansprüche handelt, die nicht entsprechend Satz 2 und 3 der Regel 6.4 a) abgefaßt sind.

## Feld II Bemerkungen bei mangelnder Einheitlichkeit der Erfindung (Fortsetzung von Punkt 3 auf Blatt 1)

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, daß diese internationale Anmeldung mehrere Erfindungen enthält:

siehe Zusatzblatt

1. ☐ Da der Anmelder alle erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht auf alle recherchierbaren Ansprüche.
2. ☐ Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der eine zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Behörde nicht zur Zahlung einer solchen Gebühr aufgefordert.
3. ☐ Da der Anmelder nur einige der erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht nur auf die Ansprüche, für die Gebühren entrichtet worden sind, nämlich auf die Ansprüche Nr. \_\_\_\_\_
4. ☒ Der Anmelder hat die erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren nicht rechtzeitig entrichtet. Der internationale Recherchenbericht beschränkt sich daher auf die in den Ansprüchen zuerst erwähnte Erfindung; diese ist in folgenden Ansprüchen erfaßt:  
1, 3-9, 11-14

Bemerkungen hinsichtlich eines Widerspruchs

- ☐ Die zusätzlichen Gebühren wurden vom Anmelder unter Widerspruch gezahlt.
- ☐ Die Zahlung zusätzlicher Recherchegebühren erfolgte ohne Widerspruch.

## WEITERE ANGABEN

PCT/ISA/ 210

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, daß diese internationale Anmeldung mehrere (Gruppen von) Erfindungen enthält, nämlich:

1. Ansprüche: 1,3-9,11-14

Refraktives Projektionsobjektiv für die Mikrolithographie bei der alle Linsen aus einem Material bestehen und das Verhältnis der Durchmesser der Lichtbündel bzw. Linsen in einer Linsenanordnung vor einer Blende zum maximalen Durchmesser der Lichtbündel bzw. Linsen mindestens 85% beträgt.

N.B. Die Ansprüche 3-9, 11-14 werden nur insoweit sie sich auf Anspruch 1 beziehen als dieser Gruppe zugehörig betrachtet.

2. Ansprüche: 2,3-9, 11-14

Refraktives Projektionsobjektiv für die Mikrolithographie bei der alle Linsen aus einem Material bestehen und der Quotient (KCHL) aus chromatischem Längsfehler durch Bandbreitenintervall \* maximalem Bildfelddurchmesser kleiner als ein Wert ist.

N.B. Die Ansprüche 3-9, 11-14 werden nur insoweit sie sich auf Anspruch 2 beziehen als dieser Gruppe zugehörig betrachtet.

3. Ansprüche: 10-14

Projektionsobjektiv welches in drei Linsengruppen unterteilbar ist, wobei sich eine langgestreckte hintere Linsengruppe über 60% der Länge des Projektionsobjektives erstreckt.

N.B. Die Ansprüche 11-14 werden nur insoweit sie sich auf Anspruch 10 beziehen als dieser Gruppe zugehörig betrachtet.

# INTERNATIONALER RESEARCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationale Patentszeichen

PCT/EP 03/01651

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19855108 A	31-05-2000	DE 19855108 A1	31-05-2000
		WO 0033138 A1	08-06-2000
		EP 1006389 A2	07-06-2000
		EP 1141781 A1	10-10-2001
		JP 2000171706 A	23-06-2000
		JP 2002531878 T	24-09-2002
		KR 2000034926 A	26-06-2000
		TW 480347 B	21-03-2002
		US 6349005 B1	19-02-2002
		US 2003007253 A1	09-01-2003
EP 1111425 A	27-06-2001	EP 1111425 A2	27-06-2001
		JP 2001201682 A	27-07-2001
		TW 448307 B	01-08-2001
		US 2002001141 A1	03-01-2002
		US 2001050820 A1	13-12-2001